Carrier wave measuring bridge

PR 9307

9499 080 05601
1/0872

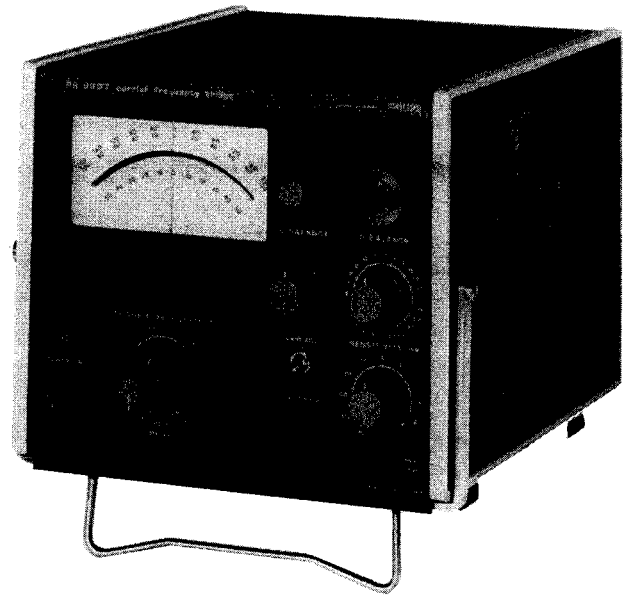
S&I

Scientific & Industrial equipment division

PHILIPS

PHILIPS

PHILIPS



Anleitung

Notice d'emploi et d'entretien

Manual

TRÄGERFREQUENZ-MESSBRÜCKE

PONT DE MESURE D'ONDE PORTEUSE

CARRIER WAVE MEASURING.BRIDGE

PR 9307

9499 080 05601 1/0872

Please note

In correspondence concerning this instrument, please quote the type number and serial number as given on the type plate.

Bitte beachten

Bei Schriftwechsel über dieses Gerät wird gebeten, die Typennummer und die Gerätenummer anzugeben. Diese befinden sich auf dem Typenschild an der Rückseite des Gerätes.

Noter s. v. p.

Dans votre correspondance et dans vos réclamations se rapportant à cet appareil, veuillez toujours indiquer le numéro de type et le numéro de série qui sont marqués sur la plaquette de caractéristiques.

Important

As the instrument is an electrical apparatus, it may be operated only by trained personnel. Maintenance and repairs may also be carried out only by qualified personnel.

Wichtig

Da das Gerät ein elektrisches Betriebsmittel ist, darf die Bedienung nur durch eingewiesenes Personal erfolgen. Wartung und Reparatur dürfen nur von geschultem, fach- und sachkundigem Personal durchgeführt werden.

Important

Comme l'instrument est un équipement électrique, le service doit être assuré par du personnel qualifié. De même, l'entretien et les réparations sont à confier aux personnes suffisement qualifiés.

© **Philips GmbH — Hamburg — Germany — 1980**

All rights are strictly reserved.

Reproduction or divulgation in any form whatsoever is not permitted without written authority from the copyright owner.

Issued by Philips GmbH -Unternehmensbereich Elektronik für Wissenschaft und Industrie- Werk für Meßtechnik

Printed in Germany

Inhalt

ALLGEMEINER TEIL

I.	Einleitung	4
II.	Technische Daten	5
III.	Zubehör	9
GEBRAUCHSANLEITUNG		9
IV.	Funktionsprinzip	9
V.	Anschluss und Inbetriebnahme	11
	A. Aufstellung	11
	B. Anschlüsse und Bedienungselemente	11
	C. Netzanschluss	12
	D. Batterieanschluss	13
	E. Anschluss von Aufnehmern	13
	F. Aufnehmerkabel	17
	G. Erdung	17
	H. Messung an mehreren Messstellen	18
	J. Anschluss von Mess- und Registriergeräten	19
VI.	Abgleich	19
	A. Vorabgleich	19
	B. Kalibrierung	20
	C. Phasenkorrektur	23
VII.	Messungen und Auswertung	23
	A. Nichtlinearität einiger Brückenschaltungen	23
	B. Empfindlichkeitsverlust bei langen Aufnehmerkabeln	24
	C. Dynamische Messungen	25
VIII.	Wartung	25

Bilder

1	Blockschaltbild	102
2	Frontansicht mit gekennzeichneten Bedienungselementen	102
3	Rückansicht mit gekennzeichneten Bedienungselementen und Anschlüssen	103
4	Draufsicht (Deckblech entfernt)	103
5	Brückenschaltungen mit Dehnungsmessstreifen, Anschlussschemen und Abhängigkeit der Anzeige des eingebauten Instruments (k = 1,7 - 2,3)	104
6	Anschlussschema für Differentialtransformator	105
7	Aufbau des Aufnehmerkabels PT 2233	105
8	Aufnehmerseitige Erdung	105
9	Empfindlichkeitsverlust bei langem Aufnehmerkabel PT 2233	108
10	Frequenzverhalten der Messbrücke	108
11	Phasengang der Messbrücke	109
12	Sprungverhalten in Stellung "Minimales Überschwingen"	109
14	Schaltbild	106/107

Tabelle

(Fig. 13) 1	Messbereiche bei Kalibrierung auf 0,8fache Vollaussteuerung bzw. bei Kalibrierung auf k-Faktor der Dehnungsmessstreifen	110

Anhang

1	Einfluss des k-Faktors	101
2	Messbereichsfaktor	111
3	Drehmoment in Abhängigkeit von der Dehnung	112

ACHTUNG

Bei Schriftwechsel über dieses Gerät wird gebeten, die genaue Typenbezeichnung und Gerätenummer anzugeben. Sie sind auf dem Typenschild an der Rückseite des

ALLGEMEINER TEIL

I. EINLEITUNG

Die Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 dient zurMessung von relativen Impedanzänderungen in Wheatstone-Halb- oder -Vollbrückenschaltungen nach dem Ausschlagverfahren. Diese Impedanzänderungen können statische oder dynamische Änderungen des ohmschen, des kapazitiven bzw. induktiven Widerstands sein. Zur Speisung der Brückenschaltungen liefert das Gerät eine in mehreren Werten einstellbare Speisespannung mit einer Trägerfrequenz von 5 kHz.

Die Messbrücke PR 9307 kann in Verbindung mit folgenden Brückenschaltungen verwendet werden:

- Dehnungsmessstreifen-Brückenschaltungen und komplette Aufnehmer, die Dehnungsmessstreifen enthalten, z.B. Druckkraftaufnehmer PR 9226 und PR 9228, Universal-Dehnungsaufnehmer PR 9239, Gas- und Flüssigkeitsdruckaufnehmer PR 9346 SA/.., PR 9349 SA/.., Gas- und Flüssigkeitsdifferenzdruckaufnehmer PR 9356 ED/..

- Induktive Halbbrückenschaltungen, z.B. Dehnungsaufnehmer, Wegaufnehmer PR 9310, PR 9314/01 bis PR 9314/20.

- Differentialtransformatoren

- Brückenschaltungen mit temperaturempfindlichen Widerständen

- Brückenschaltungen mit anderen Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten, die durch äussere Einflüsse geändert werden.

Für den Vorabgleich, die Kalibrierung der Messbrücke und die Messung von statischen und quasi statischen Vorgängen ist ein Anzeigeinstrument eingebaut. Die Brückenverstimmung wird in Millivolt angezeigt, jedoch wird durch Kalibrierung die eigentliche physikalische Messgrösse zugeordnet. An den Strom- bzw. Spannungsausgang können für statische Messungen ein externes Instrument oder ein Schreiber bzw. bei dynamischen Messungen ein Oszillograf oder ein Schnellschreiber angeschlossen werden.

Die Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 bietet folgende Vorteile:

- grosse Messempfindlichkeit

- sehr kleiner Linearitätsfehler

- grosse Messgenauigkeit und Stabilität in einem weiten Umgebungstemperaturbereich

- erdsymmetrische Brückenspeisung

- reproduzierbarer Null-Vorabgleich

- Messausgänge $\pm$ 1 V bzw. $\pm$ 50 mA; dauerkurzschlussfest

- grosser Störabstand

- wahlweise Stromversorgung 110 - 245 $V_{=}$/ 45 - 400 Hz oder 24 V

- Schutzschaltung gegen Falschpolung bei 24 $V_{=}$

- kein Versorgungsspannungseinfluss auf die Messung

II. TECHNISCHE DATEN

Die hier mit einer Fehlergrenze angegebenen Daten sind Garantiewerte; Daten ohne Angabe der Fehlergrenze dienen nur zur Orientierung und entsprechen den Werten eines Durchschnittsgeräts.

A. ELEKTRISCHE DATEN

1. Eingang für Messgrössenaufnehmer	Ohmsche und induktive Aufnehmer in Halb-, Vollbrücken- oder Differentialtransformator-Schaltung
a. Zulässige Impedanzwerte des Aufnehmers	50 - 2000 Ω
b. Zulässiger k-Faktor	beliebig, direkt kalibrierbar für k = 1,7 - 2,3 (blaue Sonderskale), andere Werte durch Umrechnung
c. Vorabgleich	Ausgleichbarkeit der Brückenverstimmung hervorgerufen durch Unsymmetrie des Messgrössenaufnehmers
R-Abgleich	Totaler Abgleichbereich $\frac{\Delta R}{R}$ (bzw. $\frac{\Delta Z}{Z}$) = $\pm$ 2,5 % bei einem verstimmten Brückenglied, allgemein $\pm$ 6,25 $\frac{mV}{V \text{ Speisespg.}}$ kompensierbar Grobabgleich in 23 Stufen, Feinabgleich mit 10-Gang-Potentiometer
C-Abgleich	Totaler Abgleichbereich $\pm$ 850 pF bei Vollbrücken generell und bei Halbbrücke aus 600-Ω-Gliedern. Bei Halbbrücken aus anderen Gliedern (Z) gilt: $\pm$ 850 x $\frac{600}{Z}$ pF Grobabgleich in 23 Stufen, Feinabgleich mit 5-Gang-Potentiometer
d. Reproduzierbarkeit des Null-Vorabgleichs	mit Dual-Dial-Antrieb für R-Feinabgleich und Ziffernskale am R-Grobabgleich
Fehler der Reproduzierbarkeit	$\leq \pm$ 1 % im O,1-mV-Bereich, bezogen auf Vollaussteuerung im O,1-mV-Bereich entsprechend O,5 μD für 4V, k = 2, ein aktiver Streifen
e. Innenwiderstand des Eingangs	>100 kΩ (Eingangstransformator)
f. Spannungsfestigkeit des Eingangs	bis zur vollen Brückenspeisespannung

2. Ausgang für Brückenspeisung	
a. Brückenspeisespannung	1/2/4/10 V umschaltbar, erdsymmetrisch
b. Zulässige Belastung	bei 1 V : 0,125 VA 2 V : 0,25 VA 4 V : 0,5 VA 10 V : 0,5 VA
c. Innenwiderstand	bei 1 V : $\leq$ 2,5 Ω 2 V : $\leq$ 2,5 Ω 4 V : $\leq$ 2,5 Ω 10 V : $\leq$ 15 Ω
d. Langzeitdrift der Brückenspeisespannung bei konstanter Umgebungstemperatur	$\leq \pm$ 0,2 % / 40 h (kann durch erneutes Kalibrieren eliminiert werden)
e. Trägerfrequenz	5 kHz $\pm$ 1 %
f. Langzeitdrift der Frequenz bei konstanter Umgebungstemperatur	$\leq \pm$ 0,05 % / 40 h
g. Temperaturabhängigkeit der Frequenz	$\leq \pm$ 0,01 % / °C
h. Kurzschlussfestigkeit	dauerkurzschlussfest
i. Möglichkeit für Synchronbetrieb mehrerer Messbrücken PR 9307	BNC-Buchse für Fremdsteuerung, als Eingang oder Ausgang schaltbar: Bei Anschluss eines externen Oszillators wird interner Oszillator abgeschaltet. Mit einem Oszillator können 10 weitere Messbrücken PR 9307 synchron gesteuert werden
3. Messbereiche	Abschwächer mit 11 Stufen: $\pm$ 0,1 mV/0,2 mV/0,5 mV/1 mV/2 mV/5 mV/10 mV/20 mV/50 mV/100 mV/200 mV entsprechend $\pm$ 50 µD/100 µD/250 µD/500 µD/1000 µD/2500 µD/5000 µD/10000 µD/25000 µD/50000 µD/100000 µD für 4 V, k = 2, ein aktiver Streifen oder entsprechend $\pm$ 20 µD/40 µD/100 µD/200 µD/400 µD/1000 µD/2000 µD/4000 µD/10000 µD/20000 µD/40000 µD für 10 V, k = 2, ein aktiver Streifen stetig einstellbare, überlappende Verstärkung: 0,4...1,2 fache Nennverstärkung
a. Fehler des Stufenabschwächers	$\leq \pm$ 0,2 %
4. Kalibrierung	Einstellung der Verstärker für k = 2,0 auf das 0,8fache des Skalenendwertes. Einstellung für k = 1,7 - 2,3 entsprechend der blauen Sonderskale. Kalibrierung ist unabhängig vom Messbereich und von der Brückenverstimmung
a. Kalibrierfehler	$\leq \pm$ 0,2 %

b. Temperaturabhängigkeit der Kalibrierspannung	$\leqq \pm 0,01$ % / °C
5. Einlaufzeit bei konstanter Umgebungstemperatur	30 Min. Zu diesem Zeitpunkt ist der Einlauffehler $\leqq 0,2$ % vom Messbereichsendwert
6. Messausgänge	
a. Spannungsausgang zum Anschluss eines Instruments oder Oszillografen	erdfrei unsymmetrisch, kann mit Lasche geerdet werden
Nennwert bei Vollausschlag des eingebauten Instruments	± 1 V bei $R_L \geqq 10$ k ($R_i = 100\ \Omega$)
b. Stromausgang	Schaltbuchsen, Ausgang erdfrei, unsymmetrisch, kann durch Lasche am Spannungsausgang geerdet werden
Nennwert bei Vollausschlag des eingebauten Instruments	$\pm$ 50 mA bei $R_L = 100\ \Omega$ 100-Ω-Potentiometer als Ergänzungswiderstand für Schleifenwiderstände <100 Ω (interner Abschlusswiderstand durch Schaltbuchsen abgetrennt)
Übersteuerung	ca. 75 mA durch eingebaute Strombegrenzung bei $R_L = 100\ \Omega$
c. Langzeitdrift des Nullpunkts bei konstanter Umgebungstemperatur	Mittelwert Null, kurzzeitig ca. $\pm 0,03$ % im 0,1-mV-Bereich entsprechend ca. $\pm 0,015\ \mu$D
d. Temperaturabhängigkeit des Nullpunkts	$\leqq \pm 0,1$ % / °C im 0,1-mV-Bereich entsprechend $\leqq \pm 0,05\ \mu$D / °C
e. Linearitätsfehler des Ausgangssignals	$\leqq \pm 0,15$ % (Abweichung von der Geraden durch Null und 0,8 fsd bezogen auf ganze Messspanne - Vollaussteuerung bis + Vollaussteuerung)
f. Langzeitdrift des Ausgangssignals	$\leqq \pm 0,2$ % / 40 h bei 25 °C, bezogen auf Vollaussteuerung, unabhängig vom Messbereich
g. Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals	$\leqq \pm 0,05$ % / °C, bezogen auf Vollaussteuerung, unabhängig vom Messbereich
h. Versorgungsspannungsabhängigkeit des Ausgangssignals	nicht messbar klein für zulässige Netz- und Batteriespannungs-Schwankungen
i. Störabstand des Ausgangssignals	>40 dB für Bereiche 0,1 - 0,5 mV >60 dB für Bereiche ab 1 mV
k. Kurzschlussfestigkeit der Messausgänge	beide Ausgänge dauerkurzschlussfest, Kurzschlussstrom am Stromausgang max. 200 mA

1. Frequenzbereich	Frequenzverhalten intern unsteckbar: in Stellung "optimum frequency response" 0...1000 Hz ± 1 % 1,5 kHz - 3 dB In Stellung "minimum overshoot" 1,0 kHz - 3 dB
m. Anstiegszeit bei sprungförmigem Eingangssignal	in Stellung "minimum overshoot" Anstiegszeit ca. 0,3 ms Überschwingen ca. 5 %, in Stellung "optimum frequency response" Anstiegszeit ca. 0,25 ms, Gruppenlaufzeit ca. 0,4 ms in beiden Stellungen
7. Anzeigeinstrument	Drehspulinstrument Kl. 0,5 mit Skalen ± 50, ± 100, ± 200 und blauer k-Faktor-Skale 1,7 - 2,3, abschaltbar
a. Temperaturabhängigkeit des Anzeigeinstruments	≤ ± 0,2 % / °C (kann durch erneutes Kalibrieren eliminiert werden)
8. Umgebungsbedingungen	
a. Bezugstemperatur	25 °C
b. Nenngebrauchsbereich der Temperatur	0...50 °C
c. Lagertemperaturbereich	-40...+90 °C
9. Versorgungsspannung	
a. Netzbetrieb	110/125/145/200/220/240 V 45 - 400 Hz
Zulässige Netzspannungs-schwankungen	+ 10 % bzw. - 15 % vom jeweiligen Nennwert
Leistungsaufnahme	ca. 15 VA
Schutzklasse	Klasse I nach VDE 0411
b. Batteriebetrieb	24 V Gleichspannung. Beim Anlegen beider Quellen ist die Batteriespannung wirksam. Für Batteriebetrieb Schutz-diode gegen falsche Polung eingebaut
Zulässige Spannungsschwankungen	± 10 %
Stromaufnahme	ca. 300 mA

B. MECHANISCHE DATEN

Breite	235 mm
Höhe	195 mm
Tiefe	280 mm
Gewicht	ca. 5,5 kg

III. ZUBEHÖR

1 Netzkabel
2 m Aufnehmerkabel PT 2233 mit 6poligem Stecker an einem Ende
1 Gebrauchsanleitung

SONDERZUBEHÖR

Aufnehmer-Verlängerungskabel und diverse Aufnehmer-Anschlusskabel für PHILIPS-Aufnehmer und Fremdfabrikate auf Anfrage.

Gebrauchsanweisung

IV. FUNKTIONSPRINZIP (Bild 1)

Das Netzteil I (Power Supply) ist entweder über den Netzschalter SK6 ("Power on") und den Schutzkontakt-Gerätestecker CD2 mit einer Netzspannung von 110/125/145/200/220 oder 240 V; 45 - 400 Hz oder über die 4-mm-Buchsen CD3, CD4 mit einer Gleichspannungsquelle von 24 V verbunden (24 V DC SUPPLY).

Bei Netzbetrieb wird die vorhandene Netzspannung am Spannungskarusell SK5 gewählt. Bei Batteriebetrieb unterbricht der in Schaltbuchse CD3 eingeführte Stecker zwangsläufig über den Kontakt SK7 die Verbindung zum Netz. Für beide Betriebsarten dient das Lämpchen LA1 zur Einschaltkontrolle.

Das Netzteil ist elektronisch stabilisiert und liefert die für das gesamte Gerät erforderliche Betriebsspannung 18 $V_{=}$.

Der Oszillator II erzeugt eine Trägerfrequenz von 5 kHz mit einer Amplitude von 3 V_{eff}, wenn SK9 in Stellung "INT." steht. Die Trägerspannung wird dem Brückenspeisespannungs-Verstärker III und dem Phasenschieber IX zugeführt. Über die Buchse CD10 können ausserdem zehn weitere Messbrücken PR 9307 mit der Trägerspannung parallel gesteuert werden.

Das Gerät selbst ist über CD10 fremd steuerbar, wenn SK9 in Stellung "EXT." steht.

Im Brückenspeisespannungs-Verstärker III wird die Trägerspannung verstärkt. Mit dem Schalter SK8 ("BRIDGE SUPPLY VOLTAGE") sind die erdsymmetrischen Brückenspeisespannungen 1/2/4/10 V wählbar.

Der Aufnehmer (Transducer) in Brückenschaltung wird über die Kontakte 1 und 6 der Buchse CD1 gespeist.
Enthält der Aufnehmer nur eine Halbbrückenschaltung, so wirken die beiden 600-Ω-Widerstände zwischen den Kontakten 1 und 6 über den Schalter SK1 als Vollbrückenergänzung. Die Messdiagonale ist bei Vollbrückenschaltung über abgeschirmte Leitungen mit den Kontakten 3 und 4 der Buchse CD1 verbunden. Die Leitungsabschirmung liegt an Kontakt 5.

Durch die erdsymmetrische Brückenspeisung (Messdiagonale nicht geerdet) ist gewährleistet, dass Kapazitätsunsymmetrien bzw. -schwankungen zwischen den Speiseleitungen und Erde und Kapazitätsänderungen zwischen geschirmten Messleitungen und Erde nicht mehr die Messung beeinflussen. Diese Kapazitäten sind nicht als schädliche Parallelkapazitäten zu den Brückengliedern wirksam, sondern stellen nur eine geringfügige Belastung des Brückenspeisespannungs-Ausgang dar.

Die Messleitung führt von SK12 über die Vorabgleicheinheiten C-Balance IV und R-Balance V. Die "C-BALANCE"-Stellglieder, Schalter SK2 und 5-Gang-Potentiometer R29, sowie die

"R-BALANCE"-Stellglieder, Schalter SK1 und 10-Gang-Potentiometer R27, sind die Bestandteile einer Kompensationsbrückenschaltung, die ebenfalls aus dem Brückenspeisespannungs-Verstärker gespeist wird.

Mit den Stellgliedern ist eine eventuell vorhandene Vorverstimmungsspannung der Aufnehmerbrücken-Schaltung nach Betrag und Phase kompensierbar.

Die durch Serienschaltung von Aufnehmerbrücken-Diagonalspannung und Kompensationsbrücken-Diagonalspannung entstandene Differenz-Messspannung gelangt über SK3 an den Eingang des Vorverstärkers VI. Durch Abschwächung mit dem Schalter SK4 ("SENSITIVITY") werden die Messbereiche 0,1 mV/0,2 mV/0,5 mV usw. bis 200 mV gewählt. Der anschliessende Bandpass ist für 5 kHz $\pm$ 1,5 kHz Bandbreite ausgelegt; er dämpft hochfrequentere und niederfrequentere Störspannungen.

Die Kalibriertaste SK3 ("CAL. 0.8 fsd") schaltet anstelle der Messspannung die asymmetrische Kalibrierspannung (Cal. Voltage) an den Eingang des Vorverstärkers. Mit dem 10-Gang-Potentiometer R35 ("GAIN ADJ.") wird das Gerät für den k-Faktor 2 auf 0,8fachen Skalenendwert kalibriert, bei k-Faktoren im Bereich 1,7...2,3 gilt die blaue Sonderskale. Sonstige k-Faktoren sind nach Umrechnungswerten auf der Instrumentenskale kalibrierbar. Die Kalibrierung ist unabhängig von der Messspannung und von der Stellung des Schalters SK4.

Der Hauptverstärker VII (Main Amplifier) verstärkt die trägerfrequente Messspannung. Der Synchrondemodulator VIII (Sync. Demodulator/Low-pass Filter) demoduliert die Messspannung. Der Tiefpass begrenzt für dynamische Messungen den Frequenzbereich nach oben. Mit Hilfe einer Umsteckmöglichkeit auf der Printplatte ist das Frequenzverhalten wählbar, je nachdem, ob ein grosser Frequenzbereich von 0...1,5 kHz ("optimumfrequency response") oder ein geringes Überschwingen von 5 % ("minimum overshoot") bevorzugt wird.

Die Schaltspannung für den Demodulator wird von der im Oszillator II erzeugten oder über CD10 zugeführten Trägerspannung abgeleitet. Mit dem Phasenschieber IX (Phase Shifter) mit R5 auf der Printplatte, ist ein Phasenfehler zwischen Brückenspeisespannung und Aufnehmerbrücken-Diagonalspannung im Bereich von -45...+45 ^{o} ausgleichbar. Diese Phasenkorrektur ist eventuell bei Aufnehmern in Differentialtransformator-Schaltung erforderlich.

Im Schaltspannungserzeuger X (Sine-wave/Square-wave Converter) wird die sinus-förmige Trägerspannung in die zum Schalten des Demodulators erforderliche Rechteckspannung umgewandelt.

Das Anzeigeinstrument XII ist zum Zwecke des Vorabgleichs über SK10 in Stellung "BAL." mit dem Trägerdetektor XI (Carrier Detector) verbunden, in dem die Trägeramplitude in eine gerichtete Gleichspannung gewandelt wird. Steht SK10 in Stellung "MEAS.", so zeigt das Instrument bei statischen oder quasistatischen Messungen die Verstimmungsspannung in Millivolt an. Für dynamische Messungen ist das Instrument abschaltbar.

Die Messausgänge sind erdfrei und unsymmetrisch.

Am Stromausgang CD8, CD9 (CURRENT OUT) ist bei Vollaussteuerung $\pm$ 50 mA bei einem Gesamtlastwiderstand von 100 Ω entnehmbar. Beim Anschluss von z.B. einem Galvanometerschreiber mit einem Innenwiderstand <100 Ω ist mit dem Potentiometer R44 ("LOAD COMPLEMENT") der Gesamtlastwiderstand auf 100 Ω zu ergänzen. Durch die Schaltbuchse CD8 ist der Leitungszweig zwischen R10 und CD9 unterbrochen.
Ist in CD8 (Stromausgang) kein Stecker eingeführt, so wirkt R10 als Lastwiderstand des Stromausgangs.

Am Spannungsausgang CD5, CD6 (VOLTAGE OUT) stehen $\pm$ 1 V bei Vollaussteuerung und einem Lastwiderstand $\geq$10 kΩ zur Verfügung.

Durch eine Lasche können die Buchsen CD6 und CD7 verbunden werden. Damit liegen sowohl die Minusbuchse CD9 des Stromausgangs als auch die Minusbuchse CD6 des Spannungsausgangs auf Massepotential.

V. ANSCHLUSS UND INBETRIEBNAHME

A. AUFSTELLUNG

Bei der Aufstellung des Geräts brauchen keine besonderen Vorkehrungen beachtet zu werden. Mit Hilfe des an der Geräteunterseite befindlichen Klappbügels ist das Gerät geneigt aufstellbar.

B. ANSCHLÜSSE UND BEDIENUNGSELEMENTE (Bilder 2, 3 und 4)

Die Anschlüsse und die beim Anschliessen zu beachtenden Einstellorgane sind an der Geräterückseite angeordnet:

1. Netzanschluss

CD2	Gerätestecker für Netzanschlusskabel
SK5 "110V/125V/145V/ 200V/220V/245V"	Netzspannungswähler

2. Batterieanschluss

CD3 (+) "24V DC SUPPLY" CD4 (-)	4-mm-Buchsen für Batterieanschlussleitungen
"⏚"	Klemmschraube für Erdverbindung

3. Oszillator SK9 "INT./EXT."

	Schiebeschalter für Betrieb mit interner oder externer Trägerspannung 3V, 5 kHz
CD10 "3V, 5 kHz"	Buchse als Ausgang oder Eingang der Trägerspannung 3V, 5 kHz

4. Aufnehmer

CD1 "TRANSDUCER"	6-polige Buchse zum Anschluss des Aufnehmers. Kontaktbesetzung: 1, 6 Brückenspeisespannung 2 nicht beschaltet 3, 4 Messleitungen 5 Gerätemasse
SK12	Kippschalter für Aufnehmerart mit Vollbrücken-(bzw. Differentialtransformator-) Schaltung / Halbbrückenschaltung

5. Messausgänge

CD8 "CURRENT OUT" CD9	4-mm-Buchsen des Stromausgangs max. $\pm$ 50 mA, R_L = 100 Ω
R44 "LOAD COMPLEMENT"	Potentiometer für Lastwiderstandsergänzung des Stromausgangs
CD5 "VOLTAGE OUT" CD6	4-mm-Apparateklemmen des Spannungsausgangs max. $\pm$ 1V, $R_L \geq$ 10 kΩ
CD7 "⊥"	Gerätemasse

Die Bedienungselemente sind an der Gerätevorderseite angeordnet.

6. Einschalten

SK6 "POWER ON"	Netzschalter
LA1	Kontrollämpchen für Netz- oder Batteriespannung

7. Brückenspeisespannung wählen

SK8 "BRIDGE SUPPLY VOLTAGE"	Drehschalter für Brückenspeisespannung 1V/2V/4V/10V, 5 kHz

8. Vorabgleichen und Messen

SK10 "METER/BAL./MEAS./OFF"	Instrumentenschalter für Betriebsartumschaltung Vorabgleichen/Messen/Instrument abgeschaltet
SK2 "C-BALANCE"	23-stufiger Drehschalter für C-Abgleich
R29	5-Gang-Potentiometer
SK1 "R-BALANCE"	23-stufigerDrehschalter für R-Abgleich
R27	10-Gang-Potentiometer
SK4 "SENSITIVITY"	Drehschalter für Messbereich-Umschaltung $\pm$ 0,1/0,2/0,5/1/2/5/10/20/50/100/200 mV

9. Kalibrieren

SK3 "CAL. 0.8 fsd"	Drucktaste für Kalibrierung (z.B. auf 0,8fachen Instrumenten-Vollausschlag bei k = 2 oder k-Faktor nach Sonderskale)
R35 "GAIN ADJ."	10-Gang-Potentiometer zum Kalibrieren der Verstärkung

Nach Entfernen des Gerätedeckblechs sind noch zwei Einstellorgane zugänglich:

10. Phasenkorrekturmöglichkeit für Aufnehmer in Differentialtransformator-Schaltung

R5	10-Gang-Potentiometer zur Nachstellung der Schaltphase

11. Frequenzverhalten bei dynamischen Messungen

	Umsteckmöglichkeit für
"optimum frequency response"	= optimales Frequenzverhalten
	oder
"minimum overshoot"	= minimales Überschwingen

C. NETZANSCHLUSS

Das Gerät ist bei Lieferung für den Netzanschluss 220 V geschaltet. Bei Netzbetrieb wird das Gerät mit dem Netzschalter "POWER ON" eingeschaltet. Das weisse Lämpchen dient zur Einschaltkontrolle.

Einstellen auf eine andere Netzspannung:

- Auf der Geräterückseite am Spannungskarussell die Befestigungsschraube der Sicherungslasche a (Bild 3) lösen und Sicherungslasche seitlich verdrehen
- Den runden Spannungswähler herausziehen, dann drehen bis die gewünschte Spannung oben steht und wieder hineindrücken
- Sicherungslasche zurückdrehen und wieder festschrauben

D. BATTERIEANSCHLUSS

Eine Gleichspannungsquelle von 24 V wird an die Buchsen "24 DC SUPPLY" angeschlossen. Auf richtige Polung ist zu achten. Bei falscher Polung verhindert eine eingebaute Schutzdiode eine Beschädigung des Geräts.

Die Buchse CD3 ist als Schaltbuchse ausgeführt; beim Einführen eines Steckers wird die eventuell auch angeschlossene Netzspannung abgeschaltet.

Für Batteriebetrieb ist im Gerät kein Schalter vorgesehen, das Kontrollämpchen leuchtet sofort beim Anschluss der Batteriespannung auf.

E. ANSCHLUSS VON AUFNEHMERN

An die Messbrücke können über die Buchse "TRANSDUCER" Halbbrücken-, Vollbrücken- und Differentialtransformator-Schaltungen angeschlossen werden. Die Brückenglieder können Widerstände, Induktivitäten und Kapazitäten sein, der Scheinwiderstands-Nennwert (Impedanz Z) der Brückenglieder soll gleich sein, damit mit den Vorabgleich-Bedienungselementen ein Nullabgleich möglich ist (vgl. Kapitel II.A.1.c.).

Beim Anschluss ist darauf zu achten, dass die Last für den Brückenspeisespannungs-Ausgang einen Scheinwiderstand von 50 - 2000 Ω hat. Die entnommene Leistung darf folgende Werte nicht überschreiten:

0,125 VA	bei	Speisespannung	1 V
0,25 VA	"	"	2 V
0,5 VA	"	"	4 V und 10 V

Der Kippschalter an der Geräterückseite ist je nach Aufnehmerart auf Voll- oder Halbbrücke zu schalten.

1. Dehnungsmessstreifen-Brückenschaltungen und Aufnehmer, die Dehnungsmessstreifen enthalten

Im Bild 5 sind die konventionellen Anschlussschemen für Brückenschaltungen mit Dehnungsmessstreifen zusammengestellt. Die mit + gekennzeichneten aktiven Streifen sind Dehnungen, die mit - gekennzeichneten aktiven Streifen sind Stauchungen ausgesetzt.
Die mit TK gekennzeichneten neutralen Streifen dienen dem Temperaturausgleich der aktiven Streifen; sie sind so aufzukleben, dass sie der gleichen Temperatur ausgesetzt sind wie die aktiven Streifen. In der linken senkrechten Spalte von Bild 5 sind die zu erwartenden Zeigerausschläge U_M am eingebauten Instrument und die sie verursachenden Längenänderungen $\frac{\Delta l}{l}$ am Messort angegeben. Die Formeln gelten unter der Voraussetzung, dass der k-Faktor der Streifen gleich ist und zwischen 1,7 - 2,3 liegt, so dass er bei der Kalibrierung mit Hilfe der blauen Sonderskale auf k = 2 zurückgeführt werden kann.

Für k-Faktoren <1,7 und >2,3 gilt prinzipiell das gleiche, sie können jedoch nicht direkt, sondern erst nach Umrechnung am Instrument eingestellt werden (siehe Kapitel VI.B.1).

Zur Wahl der Brückenschaltung gelten folgende Regeln:

a. Messobjekte, an denen gleichzeitig Dehnung und Stauchung auftritt (z.B. Ober- und Unterseite einer auf Biegung beanspruchten Platte)

- Vollbrückenschaltungen mit vier aktiven Streifen (Bilder 5.51, 5.61) bringen die grösstmögliche Messempfindlichkeit bei geringsten Fehlern. Sie sollten immer gewählt werden, wenn am Messobjekt zwei auf Dehnung und zwei auf Stauchung beanspruchte Streifen angebracht werden können. Ausserdem ist generell darauf zu achten, dass die Brückenglieder mit möglichst kurzen Drähten verbunden werden.

- Können auf einem Messobjekt nur je ein auf Dehnung und ein auf Stauchung beanspruchter Streifen angebracht werden, so wird gegenüber Schaltungen mit vier aktiven Streifen nur die halbe Messempfindlichkeit erreicht (Bilder 5.31, 5.41). Diese Halbbrückenschaltungen werden durch zwei 600-Ω-Widerstände in der Messbrücke zu Wheatstone-Vollbrückenschaltungen ergänzt. Die beiden Brückenspeiseleitungen (1,6) liegen demzufolge in der Vollbrückenschaltung, der Einfluss ihres Widerstands wird beim Vorabgleich kompensiert. Ändern sich jedoch die Leitungswiderstände z.B. infolge verschiedener Temperatur oder unterschiedlicher Übergangswiderstände von Steckverbindungen während der Messungen ungleich, so täuscht die Widerstandsdifferenz nennenswerte Dehnungen oder Stauchungen vor (bei 600-Ω-Streifen ruft eine Widerstandsdifferenz von 6 mΩ eine scheinbare Längenänderung von 5 μD hervor). Man sollte bei Halbbrückenschaltungen möglichst nur 600-Ω-Streifen verwenden, da der Fehler umgekehrt proportional zum Streifenwiderstand abnimmt.

- Sollen bei gleichen Gegebenheiten am Messobjekt die Nachteile der Halbbrückenschaltung vermieden werden, so empfiehlt sich die Ergänzung zur Vollbrücke am Aufnehmerort (Bilder 5.32, 5.42). Als Ergänzungswiderstände können Dehnungsmessstreifen mit gleichen Eigenschaften oder Präzisionswiderstände (z.B. PHILIPS Präzisions-Doppelwiderstand PR 9249A/..) verwendet werden. Die Ergänzungsstreifen werden auf einer dem Messobjekt benachbarten spannungsneutralen Stelle aufgeklebt und mit möglichst kurzen Leitungen mit der Halbbrückenschaltung verbunden. Bei Ergänzung mit Präzisionswiderständen sollen 0,25-W-Widerstände von 600 Ω $\pm$ 0,5 % (bei 0,125 W Belastung) mit einer Temperaturkoeffizienten-Differenz von maximal $2 \cdot 10^{-6}$ / °C verwendet werden.

b. Messobjekte, an denen jeweils nur Dehnung oder Stauchung auftritt (z.B. Zugbolzen, Druckstempel)

- Die für diese Fälle grösste Messempfindlichkeit wird mit Vollbrückenschaltungen aus zwei diametral angeordneten aktiven Streifen und zwei Temperaturkompensationsstreifen erreicht (Bilder 5.33, 5.34, 5.43, 5.44).

- Können auf dem Messobjekt nur ein aktiver Streifen und ein Temperaturkompensationsstreifen angebracht werden, so wird nur noch ein Viertel der Messempfindlichkeit gegenüber Schaltungen mit vier aktiven Streifen erreicht (Bilder 5.11, 5.12, 5.21, 5.22). Wie bereits erwähnt, beeinflussen ungleiche Widerstandsänderungen der Brückenspeiseleitungen während der Messung das Messergebnis. Dieser Einfluss kann durch Ergänzung zur Vollbrückenschaltung am Aufnehmerort vermieden werden (Bilder 5.13, 5.14, 5.23, 5.24).

Die in Bild 5 angegebenen Formeln gelten unter der Voraussetzung, dass die TK-Streifen an einem spannungsneutralen Ort angebracht werden. Werden TK-Streifen jedoch quer zur Richtung der aktiven Streifen und somit quer zur Spannungsrichtung auf das gleiche Messobjekt geklebt, so sind sie bei Dehnung des Messobjekts auf dessen Querkontraktion empfindlich. Entsprechendes gilt bei Stauchung des Messobjekts. In beiden Fällen addiert sich der entstehende Fehler zur wahren Messgrösse in der Brückenschaltung und muss demzufolge von der angezeigten Messgrösse wieder abgezogen werden:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l'}{l'} - \mu \frac{\Delta l'}{l'}$$

$\frac{\Delta l}{l}$ = wahre Längenänderung

$\frac{\Delta l'}{l'}$ = angezeigte Längenänderung

μ = Kontraktionskoeffizient (Poisson'sche Konstante)

Die mit der Anbringung und der Fehlerkorrektur verbundenen Schwierigkeiten werden bei Verwendung von temperaturkompensierten Streifen vermieden. In den Brückenschaltungen werden dann anstelle der TK-Streifen die bereits erwähnten Brückenergänzungswiderstände benutzt.

Mit der Messbrücke PR 9307 kann man in Verbindung mit Dehnungsmessstreifen Längenänderungen ab 0,1 μD (ein Skalenteil im 0,1-mV-Bereich bei vier aktiven Streifen und 10 V Speisespannung) messen. Die obere Grenze ist allein durch die Daten der Dehnungsmessstreifen gegeben. Die meisten Dehnungsmessstreifen haben bei 10000 μD einen Linearitätsfehler von 1 %.

Bei der Verwendung von kompletten Aufnehmern wird deren Empfindlichkeit bereits in mV M Messspannung pro V Speisespannung für eine physikalische Grösse angegeben. Sie werden in gleicher Weise angeschlossen wie die Dehnungsmessstreifen (Bild 5).

2. Sonstige ohmsche Brückenschaltungen

Anstelle von Dehnungsmessstreifen kann man auch sonstige ohmsche Widerstände als Brückenglieder verwenden (Schaltungen Bild 5). Innerhalb des zugelassenen Gesamtwiderstands der Brückenschaltung (50 - 2000 Ω) können z.B. in Halbbrückenschaltung sehr kleine Widerstandsänderungen (u.a. Änderungen mit der Zeit oder der Temperatur) im Vergleich zu entsprechenden Normalien gemessen werden. Es ist dann

$$U_M = \frac{U_S}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$ bei Halbbrückenschaltung mit einem aktiven Brückenwiderstand

U_M = angezeigte Messspannung

U_S = Brückenspeisespannung

$\frac{\Delta R}{R}$ = Widerstandsänderungen bezogen auf Nennwert

Bei einem aktiven Brückenwiderstand ergeben sich somit messbare Widerstandsänderungen von

$0,8 \cdot 10^{-6}$ (ein Skalenteil im 0,1-mV-Bereich bei 10 V Speisespannung)
bis
$8 \cdot 10^{-1}$ (Vollausschlag im 200-mV-Bereich bei 1 V Speisespannung)

3. Induktive und kapazitive Halbbrückenschaltungen

Der Anschluss eines induktiven Aufnehmers, der aus zwei gleichen Teilinduktivitäten besteht, erfolgt in gleicher Weise wie eine Widerstandshalbbrücke (Bild 5.7). Je nachdem, ob eine oder beide Teilinduktivitäten veränderliche Spannungen liefern, gleichen sie im Prinzip den Halbbrücken mit einem oder zwei aktiven Streifen.

Den induktiven Aufnehmern ist eine Empfindlichkeit in mV Messspannung pro V Speisespannung für 5 kHz zugeordnet, die einer physikalischen Grösse entspricht.

Innerhalb des zugelassenen Scheinwiderstandsbereichs einer Halbbrückenschaltung (50-2000 Ω) können auch sehr kleine Scheinwiderstandsänderungen $\frac{\Delta Z}{Z}$ einer Induktivität oder Kapazität (z.B. Änderungen mit der Zeit oder der Temperatur) im Vergleich zu entsprechenden Normalien gemessen werden. Es ist dann

$$U_M = \frac{U_S}{4} \cdot \frac{\Delta Z}{Z}$$ bei Halbbrückenschaltung mit einem aktiven Brückenglied

U_M = angezeigte Messspannung

U_S = Brückenspeisespannung

$\frac{\Delta Z}{Z}$ = Scheinwiderstandsänderung bezogen auf Nennwert

Bei einem aktiven Brückenglied ergeben sich somit messbare Scheinwiderstandsänderungen von

$0,8 \cdot 10^{-6}$ (ein Skalenteil im 0,1-mV-Bereich bei 10 V Speisespannung)
bis
$8 \cdot 10^{-1}$ (Vollausschlag im 200-mV-Bereich bei 1 V Speisespannung)

4. Differentialtransformatoren

Beim Anschluss von Differentialtransformatoren werden die Speisewicklung S' mit dem Brückenspeiseausgang (Buchse CD1, Kontakte 1,6) und die Brückenglieder S1, S2 mit dem Messeingang (Buchse CD1, Kontakte 3,4) verbunden (Bild 6). Der Kippschalter an der Geräterückseite ist auf Vollbrücke zu schalten.

Die Empfindlichkeit des Differentialtransformators ist meistens in mV Messspannung pro V Speisespannung für eine physikalische Grösse angegeben. Bei Differentialtransformatoren hat die abgegebene Messspannung jedoch nicht die gleiche Phasenlage wie die angelegte Speisespannung. Dies führt zu einer scheinbaren Empfindlichkeitsabnahme der Messbrücke, die durch Änderung der Kalibrierung kompensiert werden kann. Zu diesem Zweck wird am Differentialtransformator die physikalische Nenngrösse simuliert und die Messbrücke extern kalibriert (vgl. Kapitel VI. B. 3.).
Kann bei einem Differentialtransformator die physikalische Nenngrösse nicht simuliert werden, dann ist in der Messbrücke eine Phasenkorrektur vorzunehmen (vgl. Kapitel VI. C.).

F. AUFNEHMERKABEL

Für genaue und störungsfreie Messungen soll das Aufnehmerkabel folgenden Anforderungen genügen:
- Der Widerstand der Adern soll möglichst klein sein
- Die Messadern müssen gut abgeschirmt sein, die Ableitkapazitäten zwischen Adern und Abschirmungen sollen möglichst gleich und klein sein.
- Die Adern sollen miteinander verdrillt sein
- Das Dielektrikum soll einen möglichst hohen, konstanten Isolationswiderstand haben
- Das Kabel soll einen möglichst kleinen Verlustfaktor tan δ haben
- Die Abschirmung des Kabels muss isoliert sein

Das Aufnehmerkabel PT 2233 erfüllt diese speziellen Forderungen. Es ist flexibel und auch für feste Verlegung geeignet. Es besteht aus

2 einzeln geschirmten Messadern
2 ungeschirmten Speiseadern
und einer isolierten Gesamtschirmung (Bild 7)

G. ERDUNG

Wenn am Aufnehmerort oder entlang des Aufnehmerkabels zwischen Aufnehmer und Messbrücke mit hohen Störspannungsfeldern zu rechnen ist (Starkstrommaschinen oder Starkstromleitungen), dann müssen vor allen Dingen bei langen Aufnehmerkabeln bezüglich Erdung die folgenden Hinweise beachtet werden.

- Die Messkette vom Aufnehmer bis zur Messbrücke ist eindeutig zu erden, Doppel- bzw. Mehrfacherdungen sind in jedem Fall zu vermeiden.
- Die Brückenglieder müssen gut isoliert sein
- Jede Form von Feuchtigkeit ist an der Messstelle zu vermeiden

Ist die Messbrücke PR 9307 über das Netzanschlusskabel mit einer Schutzkontakt-Steckdose verbunden, so ist auch die Abschirmung des Aufnehmerkabels über Kontakt 5 der Buchse CD1 an den Schutzleiter der Netzversorgung angeschlossen (Bild 1).

Oft ist auch am Aufnehmerort mit grösseren Störspannungen und Störfeldern zu rechnen. Der Aufnehmer sollte deshalb nach Möglichkeit ebenfalls abgeschirmt und die Aufnehmerabschirmung mit der Abschirmung des Aufnehmerkabels verbunden werden. Da die Messbrücke über den Schutzleiter der Netzversorgung bereits geerdet ist, muss die Aufnehmerabschirmung gegenüber benachbarten Metallteilen sehr gut isoliert sein.

Wenn aus betriebstechnischen Gründen eine gute Isolierung der Aufnehmerabschirmung gegenüber den benachbarten Metallteilen nicht gewährleistet ist, so empfiehlt es sich, die Aufnehmerabschirmung am Aufnehmerort zu erden und die Verbindung zwischen Aufnehmer- und Kabelabschirmung aufzutrennen.

Bei Batteriebetrieb kann das ganze Abschirmsystem aufnehmerseitig geerdet werden (Bild 8).

H. MESSUNG AN MEHREREN MESSSTELLEN

Es gibt zwei Möglichkeiten, an zwei oder mehreren Messstellen zu messen:

1. Man verwendet für jede Messstelle eine Messbrücke, um gleichzeitig und ununterbrochen messen zu können (schnell verlaufende Vorgänge).

2. Man schaltet die Messstellen nacheinander über eine Umschalteinheit an die Messbrücke.

Im ersten Fall ist es zweckmässig, den Oszillator einer Messbrücke PR 9307 als Steueroszillator zu verwenden (SK9 in Stellung "INT.") und mit der Trägerspannung dieser Messbrücke die anderen Messbrücken PR 9307 zu steuern (SK9 in Stellung "EXT."). Alle BNC-Buchsen CD10 werden mit Hilfe von T-Kupplungsstücken parallel geschaltet.

Im zweiten Fall ist zur Vermeidung von Fehlmessungen folgendes zu beachten:

- Bei Umschalteinheiten mit langen Messzeiten bleiben alle Messstellen dauernd mit der Brückenspeisespannung oder einer Vorheizspannung mit gleichem Effektivwert verbunden. Mit der Brückenspeisespannung aus der Messbrücke PR 9307 können folgende Halb- oder Vollbrückenschaltungen gleichzeitig gespeist werden:

Dehnungsmessstreifen von 600 Ω	3 Voll- oder 6 Halbbrücken bei 10 V Speisespannung
	18 Voll- oder 37 Halbbrücken bei 4 V Speisespannung
Dehnungsmessstreifen von 300 Ω	1 Voll- oder 3 Halbbrücken bei 10 V Speisespannung
	9 Voll- oder 18 Halbbrücken bei 4 V Speisespannung
	18 Voll- oder 37 Halbbrücken bei 2 V Speisespannung
Dehnungsmessstreifen von 120 Ω	1 Halbbrücke bei 10 V Speisespannung
	3 Voll- oder 7 Halbbrücken bei 4 V Speisespannung
	7 Voll- oder 15 Halbbrücken bei 2 V Speisespannung

- Bei Umschalteinheiten mit kurzen Messzeiten (in der Grössenordnung von 100 ms und kleiner) kann die Vorheizung entfallen. Die Speisespannung wird ebenso wie die Messspannung umgeschaltet.

- Für jede Messstelle ist eine Abgleicheinheit erforderlich, mit der die Brückenschaltung vorabgeglichen werden kann.

J. ANSCHLUSS VON MESS- UND REGISTRIERGERÄTEN

Für den Anschluss externer Mess- und Registriergeräte stehen ein Spannungsausgang mit ± 1 V bei einem Lastwiderstand von ≧ 10 kΩ und ein Stromausgang mit ± 50 mA bei einem Lastwiderstand von 100 Ω zur Verfügung.

An den Spannungsausgang (VOLTAGE OUT, Buchsen CD5, CD6) kann für statische Messungen ein genaueres Instrument (eingebautes Instrument Klasse 0,5), z.B. ein Digitalvoltmeter PT 1316 oder PM 2433, oder für statische und dynamische Messungen ein Oszillograf angeschlossen werden.

Der Stromausgang (CURRENT OUT, Buchsen CD8, CD9) ist für statische und dynamische Messungen mit Schleifenoszillografen vorgesehen. Für die Einhaltung der Frequenzgangtoleranz von ± 1 % von 0...1 kHz ist es notwendig, den Stromausgang mit R_L = 100 Ω abzuschliessen. In die Messbrücke PR 9307 ist ein einstellbarer Ergänzungswiderstand ("LOAD COMPLEMENT", R44, 0 - 100 Ω) eingebaut (Bild 1). Der Lastwiderstand, der aus einem Schleifenschwinger allein oder aus einem über ein Anpassungsnetzwerk angeschlossenen Schleifenschwinger besteht, darf dementsprechend maximal 100 Ω betragen. Die Berechnung des eventuell erforderlichen Anpassungsnetzwerks ist in den Gebrauchsanleitungen für Schleifenschwinger beschrieben. Dabei kann ein Innenwiderstand des Stromausgangs von 5 Ω zugrunde gelegt werden.

Für die Einstellung des Ergänzungswiderstands "LOAD COMPLEMENT" ist ein Milliamperemeter erforderlich, an dem 40 mA mit einem Fehler von ≦ 2 % abgelesen werden kann; der Innenwiderstand soll < 0,5 Ω sein, damit der dadurch entstehende Fehler vernachlässigt werden kann. Die Einstellung des Ergänzungswiderstands geschieht dann in folgender Weise:

- Schleifenschwinger (gegebenenfalls Schleifenschwinger mit Anpassungsnetzwerk) über das in Serie geschaltete Milliamperemeter an den Stromausgang der Messbrücke anschliessen.
- Ergänzungswiderstand ("LOAD COMPLEMENT") nach Skale grob auf den errechneten Differenzwert einstellen.
- Messbrücke und Schleifenoszillografen einschalten
- Nach Abwarten der Einlaufzeit von 30 Minuten Kalibriertaste ("CAL. 0.8 fsd", SK3) drücken (ggf. interne Kalibrierung korrigieren) und mit Ergänzungswiderstand ("LOAD COMPLEMENT") Zeigerausschlag auf 40 mA (0,8fache Vollaussteuerung) einstellen.
- Milliamperemeter aus der Schaltung entfernen

VI. A B G L E I C H

Um die Genauigkeit der Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 voll ausnutzen zu können, empfiehlt es sich, die Messanordnung erst nach einer Einlaufzeit von 30 Minuten abzugleichen.

A. VORABGLEICH

- Schalter "SENSITIVITY" auf "200 mV" einstellen
- Brückenspeisespannung mit Schalter "BRIDGE SUPPLY VOLTAGE" wählen. Dabei zulässige Belastung der Brückenspeisespannung (Kapitel II.A.2.b) und maximal zulässigen Speisestrom für den Aufnehmer beachten.

Beispiel 1: Eine 120-Ω-Halbbrücke soll mit 4 V gespeist werden.

$$R_L = 240\ \Omega$$

R_L = Lastwiderstand für Speisespannung U_s, 50 Ω - 2000 Ω zulässig

Für die Belastung der Brückenspeisung gilt:

$$P = \frac{U_s^2}{R_L} = \frac{16}{240} = 0,0666 \text{ VA} < 0,5 \text{ VA}$$

P = Belastung, max. 0,5 VA zulässig

Der durch die Halbbrücke fliessende Strom beträgt

$$I_s = \frac{U_s}{R_L} = \frac{4}{240} = 16,6 \text{ mA}$$

Für die meisten 120-Ω-Streifen werden 20 mA zugelassen

- Stecker des Aufnehmerkabels mit Buchse "TRANSDUCER" (CD1) verbinden
- Schalter "METER" in Stellung "BAL."
- Schalter "SENSITIVITY" im Uhrzeigersinn verstellen, bis annähernd Vollausschlag am Instrument erreicht ist
- Schalter "R-BALANCE" (SK1) und "C-BALANCE" (SK2) abwechselnd betätigen, bis Zeigerausschlag möglichst klein ist
- Potentiometer "R-BALANCE" (R27) und "C-BALANCE" (R29) ebenfalls abwechselnd betätigen, bis Zeigerausschlag möglichst klein ist
- Schalter "SENSITIVITY" auf empfindlichsten Messbereich stellen (0,1 mV) und abwechselnden Abgleich mit den Stellgliedern "R-BALANCE" und "C-BALANCE" so lange wiederholen, bis Zeigerausschlag Null erreicht ist
- Schalter "METER" in Stellung "MEAS." schalten
- Mit Potentiometer "R-BALANCE" (R27) nochmals genau auf Null abgleichen (bei nachgeschaltetem Mess- oder Registriergerät auf dessen Nullpunkt)

B. KALIBRIERUNG

Die Messbrücke ist bei Lieferung kalibriert. Es gelten die in Tabelle 1 zusammengestellten Messbereiche in Abhängigkeit von der Stellung des Schalters "SENSITIVITY", der Brückenspeisespannung und der Zahl der aktiven Brückenelemente.
Kontrolle der Kalibrierung:

- Schalter "METER" in Stellung "MEAS."
- Drucktaste "CAL. 0.8 fsd" drücken, der Zeigerausschlag soll 0,8fachen Vollausschlag betragen
- Mit dem Potentiometer "GAIN ADJ." kann ggf. die Kalibrierung korrigiert werden

Beim Drücken der Taste "CAL. 0.8 fsd" steht statt der Messspannung eine intern aus der Brückenspeisespannung durch Teilung abgeleitete Kalibrierspannung am Verstärkereingang. Deshalb wird die Toleranz der Brückenspeisespannung durch Kalibrieren eliminiert. Ausserdem ist die Kalibrierung unabhängig vom Anschluss eines Aufnehmers möglich. Es kann auch während einer Messung durch Drücken der Taste "CAL. 0.8 fsd" jederzeit die Kalibrierung

kontrolliert werden; die Stellung des Schalters "SENSITIVITY" hat dabei keinen Einfluss.

Für Messungen mit extern angeschlossenen genauen Mess- und Registriergeräten, z. B. Digitalvoltmeter, ist mit Hilfe des externen Geräts die Kalibrierung (0,8fache Vollaussteuerung) zu korrigieren.

1. Änderung der Kalibrierung für Dehnungsmessstreifen

Wird mit Hilfe der blauen Sonderskale des Instruments zwischen 1,7 und 2,3 auf den für die Dehnungsmessstreifen angegebenen k-Faktor kalibriert, dann bleiben die in der Tabelle 1 genannten Messbereiche für $\frac{\Delta l}{l}$ enthalten.

Für k-Faktoren <1,7 und >2,3 bleiben die genannten Messbereiche ebenfalls erhalten, wenn man nach Drücken der Taste "CAL. 0.8. fsd" auf den errechneten Zeigerausschlag von

$$d = \frac{1,6}{k} \quad \text{kalibriert}$$

Beispiel 2: Der k-Faktor betrage 2,6. Es ergibt sich

$$d = \frac{1,6}{2,6} = 0,615\text{fache Vollaussteuerung} \quad \text{als Bezugsmarke für die Kalibrierung}$$

Es kann sich jedoch auch als wünschenswert erweisen, auf andere Messbereiche zu kalibrieren, als in Tabelle 1 angegeben. Infolge des grossen Variationsbereichs des Potentiometers "GAIN ADJ." (0,32 - 0,96fache Vollaussteuerung) und der 1/2/5-Teilung des Schalters "SENSITIVITY" ist jede Messgrösse als Messbereichsendwert kalibrierbar.

Die Bezugsmarke für die Kalibrierung ist

$$d = \frac{\text{bisheriger Messbereichsendwert}}{\text{gewünschten Messbereichsendwert}} \text{ x bisherige Kalibriermarke}$$

(d = 0,32 - 0,96 möglich)

Beispiel 3: Die Messbereichsendwerte für vier aktive Dehnungsmessstreifen bei 4 V Speisespannung

12,5/25/62,5/125/...bis 6.250 µD nach Tabelle 1

sollen umkalibriert werden auf

20/40/100/200/...bis 10.000 µD

$$d = \frac{12,5\ \mu D}{20\ \mu D} \cdot 0,8 \text{ (für Streifen mit k = 2)}$$

d = 0,5fache Vollaussteuerung als Bezugsmarke für die Kalibrierung

Eine Umkalibrierung auf 10/20/50/100/...bis 5.000 µD ist nicht möglich, da

$$d = \frac{12,5\ \mu D}{10\ \mu D} \cdot 0,8 = 1,0 \text{ ausserhalb des Variationsbereiches liegt}$$

und kein empfindlicherer Messbereich für 4 V Speisespannung mehr vorhanden ist.

Beispiel 4: Die Umkalibrierung nach Beispiel 3 soll für Dehnungsmessstreifen mit k = 2,6 durchgeführt werden. (Bisherige Kalibriermarke 0,615 nach Beispiel 2)

$$d = \frac{12,5\ \mu D}{10\ \mu D} \cdot 0,615 = 0,77\text{fache Vollaussteuerung als Bezugsmarke für die Kalibrierung}$$

In diesem Fall ergeben sich die neuen Messbereiche 10/20/50/100/...bis 5.000 μD.

Nach diesem Verfahren kann auch eine bestimmte Dehnung oder Stauchung (z.B. 93 μD) der Vollaussteuerung zugeordnet und kleinere Längenänderungen als Prozente der Vollaussteuerung am Instrument auf der 100 er-Skale direkt abgelesen werden.

2. Kalibrierung für komplette Aufnehmer und sonstige Brückenschaltungen

Für komplette Aufnehmer wird allgemein deren Empfindlichkeit in mV Messspannung pro V Speisespannung für eine physikalische Messgrösse angegeben.

Bei Kalibrierung auf 0,8fache Vollaussteuerung gelten die am Schalter "SENSITIVITY"angegebenen Messbereiche. Soll jedoch auf die physikalische Messgrösse umkalibriert werden, so gilt

$$d = \frac{\text{bisheriger Messbereichsendwert (mV)}}{\text{gewünschten Messbereichsendwert (mV)}} \times 0,8$$

Beispiel 5: Ein Beschleunigungsaufnehmer gibt bei $\pm$ 100 g eine Messspannung von $\pm$ 4 mV/V ab. Bei einer Brückenspeisespannung von 10 V beträgt die tatsächlich abgegebene Messspannung $\pm$ 40 mV. Um eine Kalibrierung von 100 g gleich Vollaussteuerung im 20-mV-Bereich zu erhalten, muss

$$d = \frac{20\ mV}{40\ mV} \cdot 0,8 = 0,4\text{fache Vollaussteuerung als Bezugsmarke für die Kalibrierung eingestellt werden.}$$

Soll für sonstige Brückenschaltungen mit den Gliedern R bzw. Z auf andere Messbereichsendwerte - als in Tabelle 1 angegeben - umkalibriert werden, so ist analog

$$d = \frac{\text{bisheriger Messbereichsendwert}}{\text{gewünschten Messbereichsendwert}} \times o,8$$

3. Externe Kalibrierung

Für Aufnehmer, bei denen die physikalische Nenngrösse leicht aufzubringen ist (z.B. Wegaufnehmer), kann ohne Verwendung der internen Kalibrierspannung die Messbrücke PR 9307 direkt in Einheiten der physikalischen Grösse kalibriert werden. Nach dem Vorabgleich ist wie folgt zu verfahren:

- Schalter "METER" in Stellung "MEAS."
- Schalter "SENSITIVITY" auf 200 mV stellen
- Physikalische Nenngrösse am Aufnehmer einstellen
- Schalter "SENSITIVITY" im Uhrzeigersinn verstellen, bis annähernd Vollausschlag erreicht ist
- Mit dem Potentiometer "GAIN ADJ." Zeigerausschlag auf gewünschte Skalenmarke stellen. Ist die gewünschte Skalenmarke oberhalb des Variationsbereichs von "GAIN ADJ.", so ist die Kalibrierung im nächstkleineren Messbereich vorzunehmen.

C. PHASENKORREKTUR

Beim Anschluss von Aufnehmern in Differentialtransformator-Schaltung kann infolge falscher Phasenlage der Messspannung eine Phasenkorrektur notwendig werden, wenn die physikalische Nenngrösse am Aufnehmer nicht eingestellt werden kann (vgl. Kapitel V.E.4.):

- Schraube b am Deckblech des Geräts (Bild 3) um 90^{o} verdrehen, danach Deckblech nach hinten oben abziehen
- Mit angeschlossenem Differentialtransformator Vorabgleich (Kapitel VI.A.) durchführen
- Schalter "METER" in Stellung "MEAS."
- Differentialtransformator so verstimmen, so dass am eingebauten Instrument der Messbrücke ein Zeigerausschlag im oberen Drittel der Skale verursacht wird
- Mit dem Potentiometer R5 (Bild 4) für die Phasenkorrektur Zeigerausschlag auf Maximum abgleichen
- Deckblech des Geräts wieder in die vordere Führung einschieben. Schraube b rastet bei leichtem Druck gegen das Deckblech selbsttätig wieder ein.

Wenn anstelle von Differentialtransformatoren wieder andere Brückenschaltungen angeschlossen werden sollen, dann ist die ursprüngliche Phaseneinstellung wieder herzustellen. Dazu wird zweckmässigerweise eine Brückenschaltung oder ein Aufnehmer mit ohmschen Brückengliedern über ein Aufnehmerkabel von etwa 1 - 2 m angeschlossen und mit diesem das beschriebene Phasenkorrektur-Verfahren wiederholt. Die Verstimmung kann in diesem Fall durch Aufbringen einer physikalischen Grösse oder durch Weiterschalten des Drehschalters "R-BALANCE" um eine Schaltstellung bewirkt werden.

VII. MESSUNGEN UND AUSWERTUNG

Mit der Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 steht ein Gerät zur Verfügung, mit dem sehr genaue Messungen auch über lange Zeiten möglich sind. Die in den Technischen Daten (Kapitel II.A.) garantierten Fehlergrenzen können jedoch für Sonderfälle noch weiter reduziert werden, wenn man folgendes beachtet:

- Die Fehler infolge Langzeitdrift und Temperaturabhängigkeit des Nullpunkts können durch erneuten Vorabgleich eliminiert werden.
- Die Fehler infolge Langzeitdrift und Temperaturabhängigkeit des Ausgangssignals sowie Temperaturabhängigkeit des eingebauten Instruments können durch erneutes Kalibrieren eliminiert werden.
- Nach Umschalten der Brückenspeisespannung soll die Kalibrierung kontrolliert werden

Ausserdem gilt allgemein:

- Bei der Durchführung von Messungen sollte man stets darauf achten, dass der Messbereich gewählt wird, in dem die grösste Aussteuerung zu erwarten ist, ohne dass die Messbrücke übersteuert wird (alle Fehlergrenzen der Messbrücke sind auf Messbereichsendwert bezogen).
- Beim Anschluss von Halbbrückenschaltungen soll von Zeit zu Zeit der Vorabgleich kontrolliert werden.

A. NICHTLINEARITÄT EINIGER BRÜCKENSCHALTUNGEN

Einige Brückenschaltungen (Bilder 5.11 - 5.14, 5.21 - 5.24, 5.33, 5.34. 5.43, 5.44) haben ein geringes nichtlineares Verhalten. Für sie gilt allgemein:

$$U_M = \frac{U_s}{4} \cdot \frac{\Delta Z}{Z \pm 2\,\Delta Z}$$ bei einem aktiven Brückenglied Z (Bilder 5.11 - 5.14, 5.21 - 5.24)

$$U_M = \frac{U_s}{2} \cdot \frac{\Delta Z}{Z \pm 2\,\Delta Z}$$ bei zwei aktiven Brückengliedern Z (Bilder 5.33, 5.34, 5.43, 5.44)

Die Nichtlinearität kann man durch einfache Korrekturrechnung eliminieren:

$$U_M = U_M' \left(1 + \frac{\Delta Z}{2Z}\right)$$ für Schaltungen mit Brückengliedern Z + ΔZ (Bildern 5.11, 5.13, 5.21, 5.23, 5.33, 5.44)

$$U_M = U_M' \left(1 - \frac{\Delta Z}{2Z}\right)$$ für Schaltungen mit Brückengliedern Z - ΔZ (Bilder 5.12, 5.14, 5.22, 5.24, 5.34, 5.43)

U_M = korrigierte Messspannung

U_M' = abgelesene Messspannung

bzw. für Dehnungsmessstreifen

$$U_M = U_M' \left(1 \pm \frac{\Delta l}{l}\right)$$

Die Nichtlinearität kann bei kleinen $\frac{\Delta Z}{Z}$ vernachlässigt werden, sie beträgt z.B. bei Dehnungen von 1 °/oo (1000 μD) genau -1 °/oo von diesem Wert, bei Dehnungen von 1 % (10000 μD) genau -1 % von diesem Wert.

B. EMPFINDLICHKEITSVERLUST BEI LANGEN AUFNEHMERKABELN

Ist die Messstelle mit der Messbrücke durch ein längeres Aufnehmerkabel verbunden, so sind bei der Auswertung der Messergebnisse gewisse Kabeleinflüsse zu berücksichtigen, die zu einer scheinbaren Empfindlichkeitsabnahme der Messbrücke führen (Bild 9). Generell kommt ein Empfindlichkeitsverlust einerseits durch eine Abnahme der Brückenspeisespannung infolge des ohmschen Widerstandes der Speiseleitungen zustande, andererseits durch eine Phasendrehung in der Leitung.
Bei Verwendung des speziellen Aufnehmerkabels PT 2233 (Kapitel V.F., Bilder 7 und 10) sind die Empfindlichkeitsverluste gering:

- Für alle Brückenschaltungen treten für Kabellängen bis 50 m nur Verluste infolge des ohmschen Widerstands der Speiseleitungen (je Ader 33 mΩ/m) auf. Dies sind

  etwa 0,2 % bei 600-Ω-Halbbrücke
  etwa 0,6 % bei 600-Ω-Vollbrücke
  etwa 0,8 % bei 120-Ω-Halbbrücke
  etwa 2,7 % bei 120-Ω-Vollbrücke

  für 50 m

- Für Kabellängen bis 100 m entstehen mit der 600-Ω-Halbbrückenschaltung die kleinsten Verluste, bei 200 m sind die Verluste von 120-Ω-Halbbrückenschaltung, 600-Ω-Halbbrückenschaltung und 600-Ω-Vollbrückenschaltung etwa gleich und ab 300 m ist nur noch die 120-Ω-Halbbrückenschaltung zu empfehlen.

Generell gilt ausserdem:

- Für 120-Ω-Halbbrücke und 120-Ω-Vollbrücke treten im wesentlichen nur ohmsche Verluste auf, die kapazitiven Verluste sind klein.

Bei einem Kabel gleicher Sorte können infolge von Fertigungstoleranzen unterschiedliche Verluste auftreten. Es empfiehlt sich deshalb, bei der Verwendung von Kabellängen >30 m eine externe Kalibrierung mit der physikalischen Nenngrösse (Kapitel VI. B. 3.) durchzuführen. Ist dies nicht möglich, so kann eine definierte Kalibrierspannung am Aufnehmer auch durch Zuschalten eines bekannten Widerstands parallel zu einem aktiven Brückenglied erzeugt werden.

C. DYNAMISCHE MESSUNGEN

Bei Messungen, bei denen sich die Messgrösse zeitlich schnell verändert, kann das eingebaute Instrument zur Ablesung nicht mehr verwendet werden. In diesem Fall ist der Instrumentenschalter "METER" in die Stellung "OFF" zu schalten und ein externes Mess- oder Registriergerät anzuschliessen (Kapitel V.J.).

Bezüglich des Frequenzverhaltens der Messbrücke bei dynamischen Messungen kann man zwischen zwei Einstellungen wählen:

- Optimales Frequenzverhalten ("optimum frequency response") oder
- Minimales Überschwingen ("minimum overshoot")

(siehe auch Technische Daten, Kapitel II.A.10 und Bilder 10–12).

Das Gerät ist bei Auslieferung auf "optimales Frequenzverhalten" geschaltet. Soll es auf "minimales Überschwingen" geschaltet werden, so ist eine Steckverbindung im Innern des Geräts umzustecken:

- Schraube b im Deckblech des Geräts (Bild 3) um 90^{o} verdrehen, danach Deckblech nach hinten oben abziehen
- Steckverbindung umstecken (Bild 4)
- Deckblech des Geräts wieder in die vordere Führung einschieben. Schraube b rastet bei leichtem Druck gegen das Deckblech selbsttätig wieder ein.

VIII. W A R T U N G

Die Trägerfrequenz-Messbrücke PR 9307 bedarf keiner Wartung. Das gilt auch für die Schalter, da für die Kontakte hochwertige Werkstoffe verwendet werden.

Das Gerät ist für Netzbetrieb durch eine am Netztransformator angebrachte Thermosicherung geschützt, die bei unzulässiger Erwärmung durchschmilzt. Das Netzteil ist gegen einen im Fehlerfalle möglicherweise auftretenden Kurzschluss der 18-V-Betriebsspannung durch eine Feinsicherung (315 mA flink) geschützt auf der Steckkarte der Power Supply. Beide Sicherungen dürfen nur nach Beseitigung der Fehlerursache ersetzt werden.

Das Kontrollämpchen LA1 (24 V/50 mA) ist überdimensioniert, so dass mit einer sehr hohen Lebensdauer gerechnet werden kann.

Im Falle von Störungen kann die PHILIPS-Service-Organisation in Anspruch genommen werden.

Beim Versand eines Geräts an eine PHILIPS-Werkstatt sollen folgende Punkte beachtet werden:

- Anhängezettel mit Namen und Adresse des Absenders am Gerät befestigen
- festgestellte Fehler möglichst vollständig auf dem Anhängezettel angeben
- Gerät sorgfältig in die Originalverpackung oder - wenn nicht mehr vorhanden - in eine Holzkiste verpacken
- Gerät direkt an die zuständige PHILIPS-Werkstatt senden, die von der örtlichen Organisation angegeben wurde

Contents

GENERAL		27
I.	Introduction	27
II.	Technical data	28
III.	Accessories	31
DIRECTIONS FOR USE		32
IV.	Working principle	32
V.	Installation and connection	33
	A. Installation	33
	B. Connections and controls	33
	C. Mains supply	35
	D. Battery supply	35
	E. Connecting the transducer	35
	F. Transducer lead	39
	G. Earthing	39
	H. Measuring at several measuring points	40
	J. Connection of measuring and recording equipment	40
VI.	Adjustment	41
	A. Balancing	41
	B. Calibration	42
	C. Phase correction	44
VII.	Measuring instructions	44
	A. Non-linearity in some types of bridge circuits	45
	B. Sensitivity loss in the case of long transducer leads	45
	C. Dynamic measurements	46
VIII.	Maintenance	46

Figures

1	Block diagram	102
2	Front view with indication of controls	102
3	Rear view with indication of controls, terminals and sockets	103
4	Top view (cover removed)	103
5	Bridge arrangements with strain gauges, connection diagrams and indication of the built-in measuring instrument (k = 1.7 - 2.3)	104
6	Connection diagram for differential transformer	105
7	Transducer cable PT 2233	105
8	Earthing on the transducer side	105
9	Sensitivity loss in the case of long transducer cable PT 2233	108
10	Frequency response of the measuring bridge	108
11	Phase response of the measuring bridge	109
12	Transient response in position "minimum overshoot"	109
14	Wiring diagram	106/107

Table (fig. 13) — 110

1 Measuring ranges in the case of calibration to 0.8 times full load or calibration to the k-factor of the strain gauges

Annex

1	Influence of k-factor	101
2	Range factors	111
3	Torque dependent on the strain	112

IMPORTANT

In case of correspondence concerning this instrument, please quote the type number and serial number as given on the type plate at the rear of the instrument.

GENERAL

I. INTRODUCTION

The carrier wave measuring bridge PR 9307 serves for measuring relative impedance variations in Wheatstone half or full bridge arrangements, the measuring result beeing indicated on a meter. The impedance variations may static or dynamic variations of the ohmic, capacitive or inductive resistance. The instrument produces a selectable bridge supply voltage with a carrier frequency of 5 kHz.

Measuring bridge PR 9307 can be used in conjunction with the following bridge circuits:

- Strain gauge bridge circuits and complete transducer using strain gauges such as load cells PR 9226 and PR 9228, universal strain transducer PR 9239, gas and flow pressure transducer PR 9346 SA/.., PR 9349 SA/.., differential gás and flow pressure transducer PR 9356 ED/..

- Inductive half-bridge circuits, e.g. strain transducer, displacement transducers PR 9310, PR 9314/01..PR 9314/20.

- Differential transformers

- Bridge circuits with temperature dependent resistors

- Bridge circuits with other resistances, inductances and capacitances which are varied by external influences

For balancing, calibration of the measuring bridge, and the measurement of static and semi-static phenomena an indicating instrument has been incorporated. The bridge unbalance is indicated in millivolts; however, after calibration the actual measuring quantity can be read off. For static measurements it is possible to connect an external measuring instrument or recorder to the current or voltage output and for dynamic measurements an oscilloscope or high-speed recorder.

The carrier frequency measuring bridge PR 9307 offers the following advantages:

- High measuring sensitivity

- Extremely small linearity error

- High measuring accuracy and stability over a large ambient temperature range

- Supply which is symmetrical to earth

- Reproducible null-balancing

- Measuring outputs $\pm$ 1 V, $\pm$ 50 mA; protected against long-term short-circuits

- Favourable signal-to-noise ratic

- Power supply from 110 - 245/45-400 Hz mains or 24 Vd.c.

- Protection against polarity reversal in the case of 24 Vd.c. supply

- No effect of supply voltage variations on the measurement

II. TECHNICAL DATA

Data with statement of tolerances are guaranteed; data without tolerances merely serve for information purposes and indicate the properties of an average instrument.

A. ELECTRICAL DATA

1. Transducer input	Ohmic and inductive transducers in half-bridge, full-bridge or differential transformer arrangement
a. Permissible impedance value of the transducer	50 - 2000 Ω
b. Permissible k-factor	Arbitrary, direct reading for k = 1.7-2.3 (blue scale), other values by conversion
c. Balancing	Compensation for bridge unbalance caused by asymmetry of the measuring transducer
R-balance	Total control range $\frac{\Delta R}{R}$ (or $\frac{\Delta Z}{Z}$) = ± 2,5% in the case of an unbalanced bridge arm, generally ± 6.25 $\frac{mV}{V_{supply}}$ can be compenated for. Coarse adjustment in 23 steps, fine adjustment with 10-turn potentiometer
C-balance	Total control range ± 850 pF for all types of full bridges, and for half bridges consisting of 600-Ω branches. For half bridges consisting of other branches (Z) the following applies: ± 850 x $\frac{600}{Z}$ pF Coarse adjustment in 23 steps, fine adjustment with 5-turn potentiometer
d. Reproducibility of null-balancing	With dual-dial drive for fine R adjustment and scale gradation for coarse R adjustment
Reproducibility error	± 1 % in 0.1 mV range, with respect to full load in 0.1 mV range, this corresponds to 0.5 micro strain for 4 V, k=2, 1 active strain gauge
e. Internal resistance of the input	>100 KΩ (input transformer)
f. Maximum permissible input voltage	up to full bridge supply voltage
2. Bridge supply output	
a. Bridge supply voltage	1/2/4/10 V, switchable, symmetrical with respect to earth
b. Permissible load	at 1 V: 0.125 VA 2 V: 0.25 VA 4 V: 0.5 VA 10 V: 0.5 VA

c. Internal resistance	at 1 V: $\leqq$ 2,5 Ω 2 V $\leqq$ 2.5 Ω 4 V $\leqq$ 2.5 Ω 10 V $\leqq$ 15 Ω
d. Long-term drift of the bridge supply voltage at constant ambient temperature	$\leqq \pm$ 0.2 % / 40 h (can be eliminated by recalibration)
e. Carrier frequency	5 kHz $\pm$ 1 %
f. Long-term drift of the frequency at constant ambient temperature	$\leqq \pm$ 0.05 % / 40 h
g. Temperature dependence of the frequency	$\leqq \pm$ 0.01 % / °C
h. Effect of short-circuits	short-circuit proof
i. Possibility of synchronous operation of several PR 9307 measuring bridges	BNC-socket for external control, may be used as input or output, when an external oscillator is connected, the internal oscillator is made inoperative. With one oscillator ten other PR 9307 bridges can be controlled synchronously
3. Measuring ranges	Attenuator with 11 steps: $\pm$ 0.1 mV/0.2 mV/0.5 mV/1 mV/2 mV/5 mV/10 mV/20 mV/50 mV/100 mV/200 mV similar to $\pm$ 50 μ Strain/100 μ Strain/250 μ Strain/500 μ Strain/1000 μ Strain/2500 μ Strain/5000 μ Strain/ 10 000 μ Strain/ 25 000 μ Strain/50 000 μ Strain/100 000 μ Strain for 4 V, k = 2, one active strain gauge or: $\pm$ 20 μ Strain/40 μ Strain/100 μ Strain/200 μ Strain/400 μ Strain/ 1000 μ Strain/2000 μ Strain/4000 μ Strain/10 000 μ Strain/20 000 μ Strain/40 000 μ Strain for 10 V, k = 2 one active strain gauge continuously adjustable, overlapping gain: 0.4...1.2 times nominal gain
a. Step attenuator accuracy	$\leqq \pm$ 0.2 %
4. Calibration	Adjustment of gain for k = 2.0 to 0.8 times full scale value. Adjustment for k = 1.7 - 2.3 in accordance with the blue scale. Calibration indepent of measuring range and bridge unbalance
a. Calibration error	$\leqq \pm$ 0.2 %
b. Temperature dependence of calibration voltage	$\leqq \pm$ 0.01 % / °C
5. Warming-up time at constant ambient temperature	30 mins. after this, the deviation on account of warm-up time will be $\leqq$ 0.2 % of full-scale value

6. Measuring outputs

a. Voltage output for connection of an external measuring instrument or oscilloscope	Floating, asymmetrical, can be earthed by means of a tag
Nominal value at full scale deflection of the built-in moving-coil instrument	$\pm$ 1 V at $R_L \geq 10$ kΩ (R_i = 100 Ω)
b. Current output	Switch sockets, floating output, asymmetrical, can be earthed by means of a tag on voltage output
Nominal value at full scale deflection of the built-in moving-coil instrument	$\pm$ 50 mA at R_L = 100 Ω 100 Ω potentiometer as supplementary resistance for a loop resistance <100 Ω (internal termination resistor disconnected by means of switch sockets)
Overload	approx. 75 mA by means of built-in current limiter at R_L = 100 Ω
c. Long-term zero drift at constant ambient temperature	at centre scale zero, short-term drift approx. $\pm$ 0.03 % in the 0.1 mV range, corresponding to approx. $\pm$ 0.015 μ Strain
d. Temperature dependence of zero point	$\leq \pm$ 0.1 % / °C in 0.1 mV range, corresponding to $\leq \pm$ 0.05 microstrain / °C
e. Linearity error of the output signal	$\leq \pm$ 0.15 % (deviation from the straight line through zero point and 0.8 times fsd with respect to range from - to + full measuring range
f. Long-term drift of the output signal	$\leq \pm$ 0.2 % / 40 h at 25 °C, with respect to full load, independent of the measuring range
g. Temperature dependence of the output signal	$\leq \pm$ 0.05 % / °C, with respect to full load, independent of the measuring range
h. Dependence of output signal on supply voltage	inmeasurably small for permissible mains and battery voltage fluctuations
i. Interference level of the output signal	>40 dB for ranges 0.1 - 0.5 mV >60 dB for ranges from 1 mV
k. Effect of short-circuiting the measuring output	Both outputs are permanently short-circuit proof, short-circuit current at current output max. 200 mA
l. Frequency range	The frequency response can be selected internally by means of a plug: in position "optimum frequency response" 0...1000 Hz $\pm$ 1 % 1.5 kHz - 3 dB in position "minimum overshoot" 1.0 kHz - 3 dB

m. Rise time in the case of transient-shaped input signal	in position "minimum overshoot" Rise time approx. 0.3 msecs. Overshoot approx. 5 % in position "optimum frequency response" Rise time approx. 0.25 msecs. Envelope delay approx. 0.4 msecs. in both positions
7. Indicator	Moving-coil instrument class 0.5 with ± 50, ± 100, ± 200 scales and blue k-factor scale 1.7 - 2.3, can be disconnected
a. Temperature dependence of the indicating instrument	≦ ± 0.2 % / °C (can be eliminated by recalibration)
8. Ambient conditions	
a. Reference temperature	25 °C
b. Nominal operating temperature	0...50 °C
c. Storage temperature	-40...+90 °C
9. Supply voltage	
a. Mains operation	110/125/145/200/220/240 V 45 - 400 Hz
Permissible mains voltage fluctations	+ 10 % or -15 % from the nominal mains voltage
Power consumption	approx. 15 VA
b. Battery operation	24 $V_{d.c.}$ When both sources are connected only the battery voltage is operative. A diode has been incorporated for protection against reverse polarity in the case of battery operation
Permissible voltage variations	± 10 %
Current consumption	approx. 300 mA

B. MECHANICAL DATA

Width	235 mm
Height	195 mm
Depth	280 mm
Weight	approx. 5.5 kg

III. ACCESSORIES

1 mains cable
2 m of transducer cable PT 2233 with 6-pole plug at one end
1 Users Guide

OPTIONAL ACCESSORIES

Transducer extension cable and various connection cables for PHILIPS and other transducer.

Directions for use

IV. WORKING PRINCIPLE (Fig.1)

Power supply I is either connected to a mains voltage of 110/125/145/200/220 or 240 V: 45 - 400 Hz via the mains switch SK6 ("Power on") and safety contact/appliance connector CD2, or to a direct voltage source of 24 V (24 V DC SUPPLY) via the 4-mm sockets CD3, CD4.

In the case of battery operation the connection with the mains is automatically interrupted via contact SK7 by inserting a plug in switch socket CD3.

In both instances pilot lamp LA1 indicates that the supply voltage is switched on.

The power supply is electronically stabilised and delivers the 18 $V_{d.c.}$ supply voltage for the instrument.

Oscillator II generates a 5 kHz carrier frequency with an amplitude of 3 Vrms, when switch SK9 is in position "INT." The carrier voltage is applied to bridge supply voltage amplifier III and phase shifter IX. The carrier voltage can also be used to drive ten parallel-connected measuring bridges PR 9307 via socket CD10.

The instrument can be externally driven via CD10, when SK9 is set to position "EXT.".

The carrier voltage is amplified in bridge supply voltage amplifier III. By means of switch SK8 ("BRIDGE SUPPLY VOLTAGE") bridge supply voltages of 1/2/4/10 V can be selected, which are symmetrical with respect to earth the transducer, in bridge arrangement, is supplied via contacts 1 and 6 of socket CD1. If the transducer comprises only one half-bridge circuit. The second bridge half is formed by the two 600 Ω resistors between contacts 1 and 6 which are connected via switch SK12.

In the case of full-bridge arrangement the measuring output is connected to contacts 3 and 4 of socket CD1 via screened leads. The screening is connected to contact 5.

Because the bridge supply voltage is symmetrical with respect to earth (measuring output not earthed) capacitive unbalances and fluctuations between the supply lines and earth and capacitance variations between the screened measuring leads and earth will not affect the measurement. These capacitances do not act on the bridge parallel capacitances but only represent a slight load for the bridge supply output.

The measuring lead is via switch SK12 connected to the balancing units C-balance IV and R-balance V. The C-balance controls, switch SK2 and 5-turns potentiometer R29 as well as the R-balance controls, switch SK1 and 10-turn potentiometer R27 form part of a compensation bridge circuit, which is also supplied by the bridge supply voltage amplifier.

By means of these controls the unbalance voltage of the transducer bridge circuit may be compensated for both in amplitude and phase. The difference voltage obtained by connecting the transducer bridge output and compensation bridge output in series, is applied to the input of pre-amplifier VI via SK3. Selection of the measuring ranges 0.1 mV/0.2 mV/0.5 mV etc.... 200 mV is possible by attenuation with switch SK4 ("SENSITIVITY"). The following band-pass filter has a band-width of 5 kHz ± 1.5 kHz and attenuates h.f. and l.f. interference voltages. By means of calibration button SK3 ("CAL. 0.8 fsd) the asymmetric calibration voltage can be applied to the input of the pre-amplifier, instead of the measuring voltage.

By means of 10-turn potentiometer R35 ("GAIN ADJ.") the instrument can be calibrated to 0.8 times full-scale value for a k-factor 2, while for k-factors in the range 1.7...2.3 the blue scale should be used.

Calibration on the instrument scale to other k-factors can be effected by conversion. Calibration is independent of the measuring voltage and the position of switch SK4.

Main amplifier VII amplifies the carrier frequency measuring voltage. Synchronous demodulator / low-pass filter VIII demodulates the measuring voltage. The low-pass filter limits the frequency range at the upper side for dynamic measurements.

The frequency response can be selected by means of a plug on the printed circuit board, so that either a wide frequency range from 0...1.5 kHz ("optimum frequency response") or a slight overshoot of 5 % "minimum overshoot") is obtained.

The control voltage for the demodulator is derived from the carrier frequency generated by oscillator II or applied via CD10. In phaseshifter IX it is possible by means of R5 on printed circuit board to eliminate phase errors between the bridge supply voltage and the transducer bridge output voltage in a range from -45...+45 °. This phase correction may be necessary in the case of transducers in differential transformer arrangement.

In the sinewave/squarewave convertor the sinewave carrier voltage is converted into the squarewave voltage required for controlling the demodulator.

In position "BAL" of SK10 moving-coil meter XII is connected to carrier detector XI for balance adjustment; the carrier amplitude is then converted into a direct voltage. With SK10 in position "MEAS" the instrument will indicate the unbalance in millivolts. The meter can be disconnected for dynamic measurements. The measuring outputs are floating and asymmetrical.

At full drive and an overall load resistance of 100 Ω a current of ± 50 mA is available on socket CD8, CD9 (if, for instance, a galvanometer recorder with an internal resistance smaller than 100 Ω is connected, the overall load resistance can be increased to 100 Ω with potentiometer R44 ("LOAD COMPLEMENT"). The connection between R10 und CD9 is interrupted by switch socket CD8.

If current output CD8 contains no plug, R10 serves as load resistor for the current output.

At full drive and a load resistance $\geq$ 10 kΩ a voltage of ± 1 V is available on voltage output CD5, CD6 ("VOLTAGE OUT").

Sockets CD6 and CD7 can be interconnected by means of an interconnection tag. In that case both the minus socket CD9 of the current output and the minus socket CD6 of the voltage output are connected to earth potential.

V. INSTALLATION AND CONNECTION

A. INSTALLATION

No special measures are required for installing the instrument. With the aid of the bracket at the bottom the instrument can be tilted backwards.

B. CONNECTIONS AND CONTROLS (Fig. 2, 3 and 4)

The sockets and the controls to be observed during installation are located at the rear of the instrument:

1. Mains connection

CD2	Appliance connector for mains lead
SK5 "110 V/125 V/145 V/ 200 V/220 V/245 V"	Mains voltage adapter

2. Battery connection

CD3 (+) "24 V DC SUPPLY"	4 mm sockets for connecting the battery leads
CD4 (-) "⏚"	Earthing terminal

3. Oscillator

SK9 "INT/EXT"	Switch for operation with internal or external carrier voltage 3 V, 5 kHz
CD10 "3 V, 5 kHz"	Input/Output socket for 3 V, 5 kHz carrier voltage

4. Transducer

CD1 "TRANSDUCER"	6-pole socket for connecting the transducer Contact arrangement: 1, 6 Bridge supply voltage 2 Blank 3, 4 Measuring leads 5 Instrument earth
SK12	Toggle switch for transducer with full-bridge (e.g. differential transformer) or half-bridge

5. Measuring outputs

CD8, CD9 "CURRENT OUT"	4 mm sockets for current output max. $\pm$ 50 mA, R_L = 100 Ω
R44 "LOAD COMPLEMENT"	Potentiometer for increasing the load resistance of the current output to 100 Ω
CD5, CD6 "VOLTAGE OUT"	4 mm terminals of the voltage output, max. $\pm$ 1 V, $R_L \geq$ 10 kΩ
CD7 "⊥"	Instrument earth

The following controls are located at the front of the instrument

6. Switching on

SK6 "POWER ON"	Mains switch
LA1	Pilot lamp indicating the presence of mains or battery voltage

7. Bridge supply voltage selection

SK8 "BRIDGE SUPPLY VOLTAGE"	Selector switch for bridge supply voltage 1 V/2 V/4 V/10 V, 5 kHz

8. Balancing and measuring

SK10 "METER/BAL/MEAS/OFF"	Instrument switch for selection between balancing/measuring/switched off moving coil
SK2 "C-BALANCE"	23-step selector switch for C-balance
R29	5-turn potentiometer

SK1 "R-BALANCE"	23-step selector switch for R-balance
R27	10-turn potentiometer
SK4 "SENSITIVITY"	Switch for range selection ± 0.1/0.2/0.5/1/2/5/10/20/50/100/200 mV

9. Calibration

SK3 "CAL. 0.8 fsd"	Calibration push-button (e.g. to 0.8 times full scale deflection at k = 2 or k-factor according to special scale)
R35 "GAIN ADJ"	10-turn potentiometer for gain adjustment

After removal of the top plate two other controls are accessible:

10. Phase correction for transducers in differential transformer arrangement

R5	10-turn potentiometer for phase adjustment

11. Frequency response in the case of dynamic measurements. It is possible to select between

"optimum frequency response" and

"minimum overshoot"

C. MAINS SUPPLY

On delivery the instrument is adjusted for connection to 220 V mains. For mains operation the instrument is switched on by means of switch "POWER ON". This is indicated by the white pilot lamp.

For other mains voltages proceed as follows

- Loosen the screws of bracket a (fig. 3) at the rear of the instrument and turn the bracket sideways
- Pull out the round voltage selector and turn it until the desired voltage value is at the top. Then press the adapter back
- Refit the bracket and secure it

D. BATTERY SUPPLY

It is possible to connect a 24 Vd.c. source to sockets "24 DC SUPPLY". Make sure that the polarity is correct. If the polarity is reversed, a built-in protection diode prevents the instrument from being damaged.

Socket CD3 is a switch socket; when a plug is inserted the mains voltage, if present, is cut off.

The instrument has no special switch for battery operation, the pilot lamp also lights up when the battery voltage is applied.

E. CONNECTING THE TRANSDUCER

To socket "TRANSDUCER" half-bridges, full-bridges or differential transformer circuits may be connected. The bridge elements may be resistance, inductances and capacitances; the impedance value (2) of the bridge elements should be equal to permit null-balancing by means of

the elevant controls (see chapter II.A.I.c).

When connecting the transducers make sure that the load of the bridge supply voltage output represents an impedance of 50-2000 Ω. The power consumption should not exceed the following values:

0.125 VA at a supply voltage of 1 V
0.25 VA at a supply voltage of 2 V
0.5 VA at a supply voltage of 4 V and 10 V

Dependent on the type of transducer the toggle switch at the rear should be set full or half-bridge.

1. Strain-gauge bridge circuits and transducers containing strain gauges

Fig. 5 shows conventional connection diagrams for bridge circuits comprising strain gauges. The active strain gauges indicated by a "+" represent positive strain, the active gauges indicated by a "-" represent negative strain. The neutral strain gauges indicated by TK serve for temperature compensation of the active gauges; they should be cemented so that they are subjected to the same temperature as the active strain gauges. The left-hand vertical column of Fig. 5 gives the expected deflections U_M of the built-in instrument as well as the length variations at the test point causing these deflections $\frac{\Delta l}{l}$.

The formulas apply if the k-factor of the strain gauges are equal and lie between 1.7 and 2.3 so that, during calibration, they can be converted to k = 2 with the aid of the blue scale. In principle, the same applies to k-factors <1.7 and >2.3, but then conversion is necessary (see chapter VI.B.1).

For selection of the bridge circuit the following rules apply:

a. Test objects simultaneously exposed to positive and negative stress (e.g. top and bottom side of a plate subjected to bending stresses)

- Full-bridge circuits with four active strain gauges (Figs. 5.5, 5.61) give the highest measuring sensitivity at the lowest errors. This circuit should always be selected if there are two strain gauges subjected to positive stress and two strain gauges subjected to negative. In general, it should be observed that the bridge arms are connected by means of wires which are as short as possible.

- If only one strain gauge subjected to positive stress and one strain gauge subjected to negative stress, can be used only half the measuring sensitivity of circuits with four active strain gauges will be obtained (Figs. 5.31, 5.41). These half-bridge arrangements are completed by means of two 600 Ω resistors so that a full Wheatstone bridge is obtained. Two bridge supply leads (1.6) are then included in the full-bridge circuit so that the effect of their resistance is eliminated during balancing. However, if the lead resistance changes, for instance, due to temperature variations or differences in the contact resistance of the plug connections, the difference in resistance will give rise to incorrect measuring results (in the case of 600 Ω gauges a difference in resistance of 6 mΩ will cause an apparent length variation of 5 μ Strain). In the case of half-bridge circuits it is advisable to use 600 Ω strain gauges only, as the error is inversely proportional to the strain gauge resistance.

- If in the case of equal measuring quantities at the measuring object the disadvantages of half-bridge circuits are to be avoided, it is recommended to include a bridge complement at the measuring spot (Fig. 5.32, 5.42). For this, strain gauges with the same properties or precision resistors (e.g. Philips double precision resistor PR 9249A/..) can be employed. The complementary strain gauges should be cemented at a neutral spot close to the measuring object and connected to the half-bridge circuit via leads as short as possible. In the case of complementary precision resistors, it is recommended to employ 0.25 W resistors of 600 Ω ± 0.5 % (at 0.125 W load) with a maximum difference in temperature coefficient of $2.10^{-6}/^{o}C$.

b. Measuring objects exposed to either positive or negative stress (e.g. draw bolts, punch-and dies).

- In these cases maximum measuring sensitivity can be obtained by means of full-bridge circuits consisting of two diametrically arranged active gauges and two temperature compensation gauges (Figs. 5.33, 5.34, 5.43, 5.44)

- If only one active gauge and one temperature compensation gauge can be fitted on the test object, only 1/4 of the sensitivity in the case of arrangements with 4 active strain gauges can be obtained (Figs. 5.11, 5.12, 5.21, 5.22). As already stated, different resistance variations of the bridge supply leads during the measurement will affect the measuring result. This can be avoided by adding a complementary bridge circuit located near the transducer, so that a full-bridge arrangement is obtained (Figs. 5.13, 5.14, 5.23, 5.24).

The formular given in Fig. 5 apply only when the temperature compensation gauges are fitted so that they are not subjected to voltage variations.

If temperature compensation gauges are fitted crosswise with respect to the active gauges (i.e. crosswise with respect to the direction of the force) on the same measuring object, they will be subjected to transverse contraction in the case of positive strain on the test object and to transverse expansion in the case of negative strain. In both cases the resulting error is added to the actual measurement in the bridge circuit and should therefore be subtracted from the measuring result:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l'}{l'} - \frac{\Delta l'}{\mu l'}$$

$\frac{\Delta l}{l}$ = actual length variation

$\frac{\Delta l'}{l'}$ = indicated length variation

μ = contraction coefficient (Poisson constant)

Difficulties regarding mounting and error correction are avoided by using temperature compensated gauges. Instead of the temperature compensation gauges the complementary bridge resistors are then used in the bridge circuit.

By means of measuring bridge PR 9307 in conjunction with strain gauges it is possible to measure length variations from 0.1 μ Strain and higher (one scale division in the 0.1 mV range for four active gauges and a supply voltage of 10 V).

The upper limit is only determined by the data of the strain gauges. Most strain gauges have a linearity error of 1 % at 10.000 μ Strain.

When using complete transducers, their sensitivity is already specifieds in mV measuring voltage per V supply voltage for a certain measuring quantity. They are connected in the same way as strain gauges (Fig. 5).

2. Other ohmic bridge circuits

Instead of strain gauges it is also possible to use ohmic resistors as bridge elements (circuits of Fig. 5). Observing the maximum permissible total resistance of the bridge circuit (50-2000 Ω), it is possible to measure, for instance, very small resistance variations in half-bridge circuits as a function of corresponding quantities (amongst others, variations as functions of time or temperature).

In that case the following applies:

$$U_M = \frac{U_s}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$ to a half-bridge circuit with one active bridge resistor

U_M = indicated measuring voltage

U_s = bridge supply voltage

$\frac{\Delta R}{R}$ = resistance variations with respect to nominal value

In the case of one active bridge resistor, this means that the resistance variations still measurable are as follows:

$0.8 \cdot 10^{-6}$ (one scale division in the 0.1 mV range at a supply voltage of 10 V)
up to
$8 \cdot 10^{-1}$ (full scale deflection in 200 mV range at a supply voltage of 1 V)

3. Inductive and capacitive half-bridge circuits

Inductive transducers, consisting of two equal inductive components, are connected in the same way as resistance half-bridges (Fig. 5.7). Dependent on the fact whether one or both inductive components supply variable voltages, they are, in principle, half-bridges with one or with two active gauges.

Inductive transducer have a sensitivity in mV measuring voltage per V supply voltage at 5 kHz, which corresponds to a certain physical quantity.

Within the permissble impedance range of a half-bridge circuit (50...2000 Ω) it is also possible to measure very small impedance variations $\frac{\Delta Z}{Z}$ of an inductance or capacitance as a function of corresponding quantities (e.g. variations as a function of time or temperature).

In that case

$U_M = \frac{U_s}{4} \cdot \frac{\Delta Z}{Z}$ for a half-bridge circuit with one active bridge element

U_M = indicated measuring voltage

U_s = bridge supply voltage

$\frac{\Delta Z}{Z}$ = impedance variation with respect to nominal value

In the case of one active bridge element this will result in impedance measuring range from

$0.8 \cdot 10^{-6}$ (one scale division in the 0.1 mV range at a supply voltage of 10 V)
up to
$8 \cdot 10^{-1}$ (full scale deflection in the 200 mV range at a supply voltage of 1 mV)

4. Differential transformers

In the case of differential transformers supply winding S' is connected to the bridge supply output (socket CD1, contacts 1, 6) and bridge elements S1, S2 to the measuring input (socket CD1, contacts 3, 4), see Fig. 6, the toggle switch at the rear should they be set to "full-bridge". The sensitivity of a differential transformer is usually given in mV measuring voltage per V supply voltage for a certain physical quantity.

With differential transformers, however, the indicated measuring voltage does not have the same phase as the supply voltage applied.

This results in an apparent reduction of the sensitivity of the measuring bridge, which can be compensated by recalibration.

For this the nominal physical quantity is simulated at the differential transformer and the measuring bridge is externally calibrated (see chapter VI. B. 3). If simulation of the nominal physical quantity at the differential transformer is impossible, it is necessary to effect a phase-correction in the measuring bridge (see chapter VI. C).

F. TRANSDUCER LEAD

For accurate and interference-free measurement the transducer cable should meet the following requirements.

- The core resistance should be as small as possible
- The measuring cores should be properly screened, the leakage capcitance between the cores and the screening should be as small as possible and, otherwise, equal
- The cores should be twisted
- The dielectric should have a, as high as possible, constant insulation resistance
- The cable should have a low leakage factor $\tan\delta$
- The screening of the cable should be insulated

Transducer lead PT 2233 meets the above mentioned requirements and is also suitable for permanent arrangements. It consists of

2 single-screened cores
2 non-screened supply cores
and one insulated common screening (Fig. 7)

G. EARTHING

If there are strong interference voltage fields at the transducer or along the transducer lead between the transducer and the measuring bridge (heavy current machines or heavy current leads), the following points should be taken into account as regards earthing (especially in the case of long transducer cables).

- The measuring circuit from transducer to measuring bridge should be earthed at one spot only; double or multiple earthing connections should always be avoided
- The bridge elements should be properly insulated
- Any form of humidity near the measuring spot should be avoided.

If measuring bridge PR 9307 is connected to a socket with rim earthing via the mains lead, the screening of the transducer lead should be connected to the screening of the mains lead via contact 5 of socket CD1 (see Fig. 1). In many cases strong interference fields or interference voltages occur near the transducer. Therefore, the transducer should also be screened, if possible, and the transducer screening should be connected to the screening of the transducer lead. Since the measuring bridge is already earthed via the screening of the mains supply, the transducer screening should be properly insulated with respect to adjacent metallic parts. If this is impossible for technical reasons, it is advisable to earth the transducer screening only at the transducer side and to interrupt the connection between the transducer screening and the cable screening. In the case of battery operation the complete screening system should be earthed to the transducer (Fig. 8).

H. MEASURING AT SEVERAL MEASURING POINTS

Two or more measuring points can be measured as follows:

1. For each measuring point a separate measuring bridge is employed so that simultaneous and continuous measurements are possible (rapid changes).

2. The measuring points are alternately connected to the measuring bridge via a switching unit.

In the first case it is advisable to employ the oscillator of measuring bridge PR 9307 as drive oscillator (SK9 in position "INT") and to control the other measuring bridges by means of the carrier voltage of measuring bridge PR 9307 (SK9 in position "EXT"). All BNC-sockets CD10 are connected in parallel with the aid of T-connectors.

In the second case the following should be observed to prevent measuring errors:

- When using switching units with long measuring times all measuring points should be permanently connected to the bridge supply voltage or to a voltage with the same rms value. By means of the bridge supply voltage of measuring bridge PR 9307 the following half or full-bridge circuits can be supplied at the same time:

600 Ω strain gauges	3	full or 6 half-bridges at a supply voltage of 10 V
	18	full or 37 half-bridges at a supply voltage of 4 V
300 Ω strain gauges	1	full or 3 half-bridge at a supply voltage of 10 V
	9	full or 18 half-bridges at a supply voltage of 4 V
	18	full or 37 half-bridges at a supply voltage of 2 V
120 Ω strain gauges	1	half-bridge at a supply voltage of 10 V
	3	full or 7 half-bridges at a supply voltage of 4 V
	7	full or 15 half-bridges at a supply voltage of 2 V

- In the case of switching units with short measuring times (in the order of magnitude of 100 msecs. or smaller) the compensation voltage is not required. The supply voltage is changed over in the same way as the measuring voltage

- Each measuring point requires a calibration unit, by means of which the bridge circuit can be balanced

J. CONNECTION OF MEASURING AND RECORDING EQUIPMENT

For the connection of external measuring and recording equipment a voltage output with an output voltage of $\pm$ 1 V at a load resistance of $\geq$ 10 kΩ and a current output with an output current of $\pm$ 50 mA at a load resistance of 100 Ω are available.

The voltage output (VOLTAGE OUT, sockets CD5, CD6) can be employed for connecting a more accurate measuring instrument in the case of static measurements (built-in meter class 0.5) e.g. a digital voltmeter PT 13/6 or PM 2433, or for connecting an oscilloscope in the case of static and dynamic measurements.

The current output (CURRENT OUT, sockets CD8, CD9) has been provided for static and dynamic measurements by means of loop oscillographs. To maintain the frequency response tolerance of ± 1 % from 0...1 kHz, it is necessary to terminate the current output with a load resistance of 100 Ω. Measuring bridge PR 9307 includes a variable load resistor ("LOAD COMPLEMENT", R44, 0 - 100 Ω, see Fig. 1). The load resistance consisting of a loop oscillator or such a device connected via a matching network should, therefore, be max. 100 Ω. If a matching network is required, its value can be calculated as described in the instruction manual of the loop vibrator. For this the internal resistance fo the current output may assumed to be 5 Ω.

To adjust the complementary resistance "load complement" a milliammeter is required, on which 40 mA can be read with an accuracy of ≦2 %; the internal resistance should be < 0.5 Ω so that the resulting errors will be negligible.

The load complement is then adjusted as follows:

- Connect the loop vibrator (or loop vibrator with matching network) to the current output of the measuring bridge via the series connected milli-ammeter.
- Coarsely adjust the complementary resistance ("LOAD COMPLEMENT") to the calculated difference by means of the scale.
- Switch on the measuring bridge and the loop oscillograph
- After a warm-up time of 30 minutes depress the calibration button ("CAL. 0.8 fsd" SK3) and correct the internal calibration, if required. Then adjust the pointer deflection to 40 mA (0.8 times full load) by means of "LOAD COMPLEMENT".
- Remove the milli-ammeter

VI. ADJUSTMENT

To obtain optimum accuracy of carrier frequency measuring bridge PR 9307, it is advisable to allow the instrument to warm up for approx. 30 minutes.

A. BALANCING

- Set switch "SENSITIVITY" to "200 mV"
- Select the bridge supply voltage with switch "BRIDGE SUPPLY VOLTAGE". Observe the maximum permissible load of the bridge supply voltage (chapter II.A.2.b) and the maximum permissible supply current for the transducer.

Example 1: A 120 Ω half-bridge is to be supplied with 4 V.

R_L = 240 Ω

R_L = Load resistance for supply voltage U_s, 50 - 2000 Ω permissible

For the load of the bridge supply the following applies:

$$P = \frac{U_s^2}{R_L} = \frac{16}{240} = 0.0666 \text{ VA} < 0.5 \text{ VA}$$

P = Load, max. 0.5 VA

The current through the half-bridge will be

$$I_s = \frac{U_s}{R_L} = \frac{4}{240} = 16.6 \text{ mA}$$

A current of 20 mA is permissible for most 120 Ω strain gauges.

- Insert the plug of the transducer lead into socket "TRANSDUCER" (CD1)

- Set switch "METER" to position "BAL"

- Turn switch "SENSITIVITY" clockwise until the instrument indicates approx. full scale deflection

- Alternately operate switches "R-BALANCE" (SK1) and "C-BALANCE" (SK2) until the deflection is as small as possible

- Alternately turn potentiometer "R-BALANCE" and "C-BALANCE" (Req) until the deflection is as small as possible

- Set switch "SENSITIVITY" to the most sensitive measuring range (0.1 mV) and repeat the adjustment with "R-BALANCE" and "C-BALANCE" until the deflection is zero

- Set switch "METER" to position "MEAS"

- Adjust the pointer to zero again by means of potentiometer "R-BALANCE" (R27), (in the case of a following measuring or recording instrument to the zero point of this instrument)

B. CALIBRATION

On delivery, the measuring bridge is already calibrated. For this, the measuring ranges of table 1 apply, which depend on the position of switch "SENSITIVITY" the bridge supply voltage and the number of active bridge elements. Checking the calibration:

- Set "METER" to position "MEAS"

- Depress button "CAL. 0.8 fsd", the deflection should be 0.8 times fsd

- If necessary, the calibration can be corrected by means of potentiometer "GAIN ADJ"

When button "CAL. 0.8 fsd" is depressed instead of the measuring voltage an internal calibration voltage, derived from the bridge supply voltage by voltage division, will be available on the amplifier-input. Thus the tolerance of the bridge supply voltage is eliminated by calibration. Morever, calibration is possible without connecting a transducer. It is also possible to check the calibration during the measurement by depressing button "CAL. 0.8 fsd"; in that case the position of switch "SENSITIVITY" will have no influence.

For measurements with externally connected accurate measuring and recording equipment (e.g. a digital voltmeter) the calibration can be corrected by means of the external instrument (0.8 x fsd).

1. Recalibration for strain gauges

If the bridge is calibrated to the k-factor for strain gauges indicated on the blue scale on the instrument (between 1.7 and 2.3), the measuring range for $\frac{\Delta l}{l}$ remain valid.

For k-factors <1.7 and >2.3 the measuring ranges also apply, if after depressing button "CAL. 0.8 fsd" the instrument is calibrated to the calculated deflection of

$$d = \frac{1.6}{k}$$

Example 2: the k-factor is 2.6, then

$$d = \frac{1.6}{2.6} = 0.615 \text{ times fsd as reference mark for calibration}$$

However, it may also be desirable to calibrate to other measuring ranges, as indicated in table I. Due to the large control range of potentiometer "GAIN ADJ" (0.32 - 0.96 times fsd) and the 1/2/5 division of switch "SENSITIVITY", it is possible to use any measuring value as full scale value. The calibration mark is

$$d = \frac{\text{actual full scale value}}{\text{desired full scale value}} \times \text{actual calibration mark}$$

(d = 0.32 - 0.96)

Example 3: The end-of-range values for four active strain gauges at a supply voltage of 4 V

12.5/25/62.5/125...6.250 μ Strain according to table I

should be recalibrated to

20/40/100/200/...10.000 μ Strain

$$d = \frac{12.5\ \mu\ \text{Strain}}{20\ \ \mu\ \text{Strain}} \times 0.8 \text{ (for strain gauges with a k-factor 2)}$$

d = 0.5 times full scale deflection as reference mark for calibration

Recalibration to 10/20/50/100...5.000 μ Strain is not possible as

$$d = \frac{12.5\ \mu\ \text{Strain}}{10\ \ \mu\ \text{Strain}} \times 0.8 = 1.0 \text{ lies outside the control range}$$

and a more sensitive measuring range for a supply voltage of 4 V is not available.

Example 4: Calibration should be effected according to example 3 for strain gauges with a k-factor of 2.6 (actual calibration mark 0.615 according to example 2)

$$d = \frac{12.5\ \mu\ \text{Strain}}{10\ \ \mu\ \text{Strain}} \times 0.615 = 0.77 \text{ times full scale deflection as reference mark for calibration}$$

This results in new measuring ranges of 10/20/50/100...5.000 μ Strain.

When this method is used, it is also possible to allocate a certain positive or negative strain (e.g. 93 μ Strain) to full, so that small length variations are direct reading as percents of full-load.

2. Calibration for complete transducers and other bridge circuits

For complete transducers their sensitivity is usually expressed in mV measuring voltage per V supply voltage for a certain physical measuring quantity.

For calibration to 0.8 times fsd, the measuring ranges indicated at switch "SENSITIVITY" apply.

However, if recalibration to the physical measuring quantity is necessary, the following applies:

$$d = \frac{\text{actual full scale value (mV)}}{\text{desired full scale value (mV)}} \times 0.8$$

Example 5: An acceleration transducer gives a measuring voltage of $\pm$ 4 mV/V at $\pm$ 100 g. At a bridge supply voltage of 10 V the actual indicated measuring voltage will be $\pm$ 40 mV. To obtain a calibration of 100 g = fsd in the 20 mV range

$$d = \frac{20\ mV}{40\ mV} \times 0.8 = 0.4$$ times fsd should be used as calibration mark

If it is necessary for other bridge circuits with R or Z elements to recalibrate into other full scale values (as indicated in table I), it follows that

$$d = \frac{\text{actual full scale value}}{\text{desired full scale value}} \times 0.8$$

3. External calibration

For transducers whose nominal physical quantity can be easily converted (e.g. load transducer) it is not necessary to employ the internal calibration voltage, while measuring bridge PR 9307 can be calibrated direct into the relevant units. After balancing proceed as follows:

- Set switch "METER" to position "MEAS"
- Set switch "SENSITIVITY" to 200 mV
- Adjust for nominal physical quantity at the transducer
- Turn switch "SENSITIVITY" clockwise until approx. fsd is obtained
- Set the pointer to the desired scale mark with the aid of potentiometer "GAIN ADJ". If the desired scale value is higher than the upper limit of the control range of "GAIN ADJ", calibration should be effected in the next lower measuring range.

C. PHASE CORRECTION

When connecting transducer in differential transformer arrangement, phase correction may be necessary due to incorrect phase of the measuring voltage, if the physical quantity cannot be adjusted at the transducer (see chapter V.E.4).

- Turn screw b at the cover of the instrument (Fig. 3) a 1/4 turn and lift off the cover in backward direction
- Balance with connected differential transformer (Chapter VI.A)
- Set switch "METER" to position "MEAS"
- Unload the differential transformer so that the built-in measuring instrument of the bridge gives a deflection greater than two thirds of full scale deflection
- Adjust for maximum deflection with the aid of phase-correction potentiometer R5 (Fig. 4)
- Refit the top cover of the instrument in the front guides. Screw b will automatically engage when the cover is lightly pressed

If the differential transformers are to be replaced by other bridge circuits again, the original phase adjustment should be restored. For this it is recommended to connect a bridge circuit or a transducer with ohmic bridge elements via a transducer lead of approx. 1 - 2 m to repeat the phase correction described above. Loading can then be effected by introducing a physical quantity or by switching "R-BALANCE" one step further.

VII. MEASURING INSTRUCTIONS

By means of carrier frequency measuring bridge PR 9307 it is also possible to carry out very accurate long term measurements. The accuracies specified in the technical data (chapter II.A) can even be further improved when the following points are observed:

- The errors due to long-term drift and temperature dependence of the zero point can be eliminated by re-balancing

- The errors due to long-term drift and temperature drift and temperature dependence of the output signal as well as temperature dependence of the built-in meter can also be eliminated by recalibration

- After changing over the bridge supply voltage the calibration should be checked

Moreover the following general rules apply:

- When carrying out a measurement always check that a measuring range is selected at which the highest deflection will be obtained without the measuring bridge being overloaded (all measuring errors refer to full-scale value)

- When half-bridge circuits are connected, the calibration should be checked at regular intervals

A. NON-LINEARITY IN SOME TYPES OF BRIDGE CIRCUITS

Some types of bridge circuits (Figs. 5.11 - 5.14, 5.21 - 5.24, 5.33, 5.34, 5.43, 5.44) show a slight non-linearity, in general, the following applies:

$$U_M = \frac{U_s}{4} \cdot \frac{\Delta Z}{Z \pm 2\ Z}$$ in the case of 1 active bridge element Z (Figs. 5.11 - 5.14, 5.21 - 5.24)

$$U_M = \frac{U_s}{2} \cdot \frac{\Delta Z}{Z \pm 2\ Z}$$ in the case of 2 active bridge elements Z (Figs. 5.33, 5.34, 5.43, 5.44)

The non-linearity can be eliminated with the aid of a simple calculation:

$$U_M = U_M' \quad (1 + \frac{\Delta Z}{2\ Z})$$ for circuits with bridge elements $Z + \Delta Z$ (Figs. 5.11, 5.13, 5.21, 5.23, 5.33, 5.44)

$$U_M = U_M' \quad (1 - \frac{\Delta Z}{2\ Z})$$ for circuits with bridge elements $Z - \Delta Z$ (Figs. 5.12, 5.14, 5.22, 5.34, 5.43)

U_M = corrected measuring voltage

U_M' = measuring voltage indication

or for strain gauges

$$U_M = U_M \quad (1\ (\pm)\ \frac{\Delta l}{l})$$

At a small $\frac{\Delta Z}{Z}$ the non-linearity is negligible, e.g. at strains of 0.1 % (1000 μ Strain) it is exactly - 0.1 % of this value and in the case of strains of 1 % (10000 μ Strain) it is exactly - 1% of this value.

B. SENSITIVITY LOSS IN THE CASE OF LONG TRANSDUCER LEADS

If the measuring point is connected to the measuring bridge by means of a long transducer lead, the cable losses should be taken into account because they result in an apparent sensitivity reduction of the measuring bridge (Fig. 9). In general, a sensitivity loss will be caused by a reduction of the bridge supply voltage due to the ohmic resistance of the supply leads and by a phase shift in the leads.

When special transducer cable PT 2233 (chapter V. F., Figs. 7 and 10) is employed, these sensitivity losses are minimised:

- For all types of bridge circuits the only losses occurring will be due to the ohmic resistance of the supply leads (33 mΩ/m) for cable lengths up to 50 m. This will be

approximately 0.2 % for 600 half-bridges approximately 0.6 % for 600 full-bridges approximately 0.8 % for 120 half-bridges approximately 2.7 % for 120 full-bridges	at a cable length of 50 m

For cable lengths up to 100 m the lowest losses will be obtained when using the 600 Ω half-bridge circuit, for a length of 200 m the losses are practically equal for the 120 Ω half-bridge arrangement, the 600 Ω half-bridge arrangement and the 600 Ω full-bridge arrangement and above 300 m it is advisable to use the 120 Ω half-bridge only.

Moreover, the following applies:

- For 120 Ω half-bridges and 120 Ω full-bridges only ohmic losses arise in principle, the capacitive losses are small

With cables of the same type different losses may occur on account of manufacturing tolerances. It is therefore recommended, when using cables which are longer than 30 metres to effect an external calibration to the nominal physical quantity (chapter IV. B. 3). If this is impossible, a certain calibration voltage at the transducer can also be obtained by connecting a known resistor in parallel with one of the active bridge elements.

C. DYNAMIC MEASUREMENTS

For reading the measuring values, which change rapidly as a function of time the built-in meter can no longer be used.

Then switch "METER" should be set to position "OFF" and an external measuring or recording instrument should be connected (chapter V. J.). As regards the frequency response of the measuring bridge in the case of dynamic measurements, there are two possibilities:

- optimum frequency response
- minimum overshoot

or

(also see Technical Data, chapter II A. 10 and Figs. 10-12).

On delivery the instrument is adjusted to "optimum frequency response". For changing over to "minimum overshoot" proceed as follows:

- Turn screw b in the top cover of the instrument (Fig. 3) a quarter turn and lift off the cover in backward direction
- Reverse the plug connection (Fig. 4)
- Refit the top cover of the instrument. Screw b engages automatically when the cover is lightly pressed

VIII. MAINTENANCE

Carrier-frequency measuring bridge PR 9307 requires no maintenance. This also applies to the switches, because high-quality materials have been used for the contacts.

For mains operation the instrument is protected by means of a thermal fuse fitted at the mains transformer, which blows if the temperature becomes too high.

The supply section is, moreover, protected against short-circuit of the 18 V supply voltage by means of a 315 mA fuse on the power supply circuit board. Both fuses should only be replaced after the cause of the defect has been established.

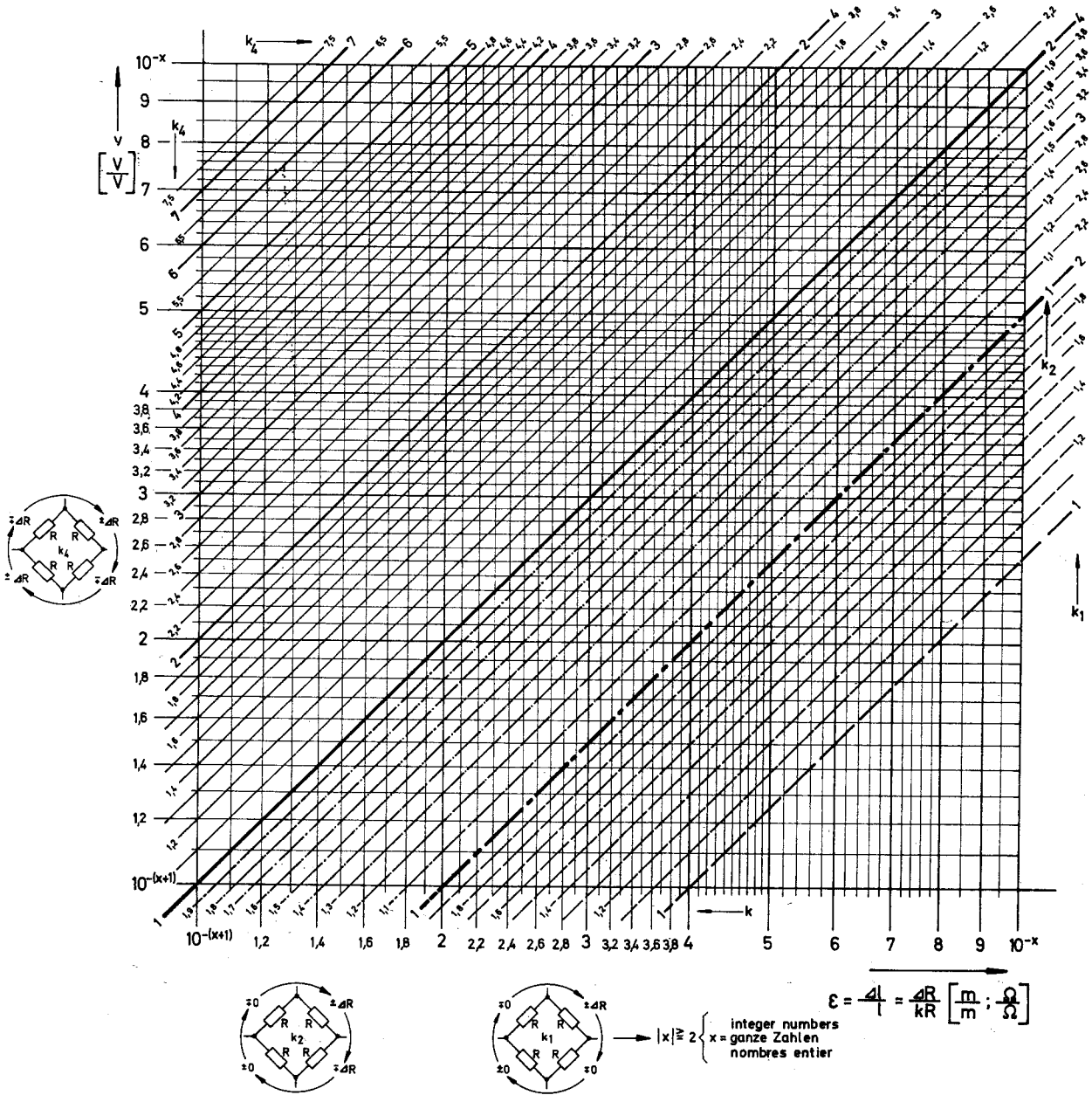
Pilot lamp LA1 (24 V/50 mA) has too high a rating in order to extend its life.

In case of faults it is always possible to apply to the Philips Service Organisation.

When forwarding the instrument to a Philips workshop the following points should be observed:

- Tie on a label with the full name and address of the sender
- Give an accurate description of the fault symptom on the label
- Carefully pack the instrument in the original packing or, if this is no longer available, in a wooden case
- Send the instrument direct to the relevant Philips workshop

The address can be obtained from the local Philips representative.



Annex 1 Influence of k-factor
Einfluss des k-Faktors
Influence du facteur-k

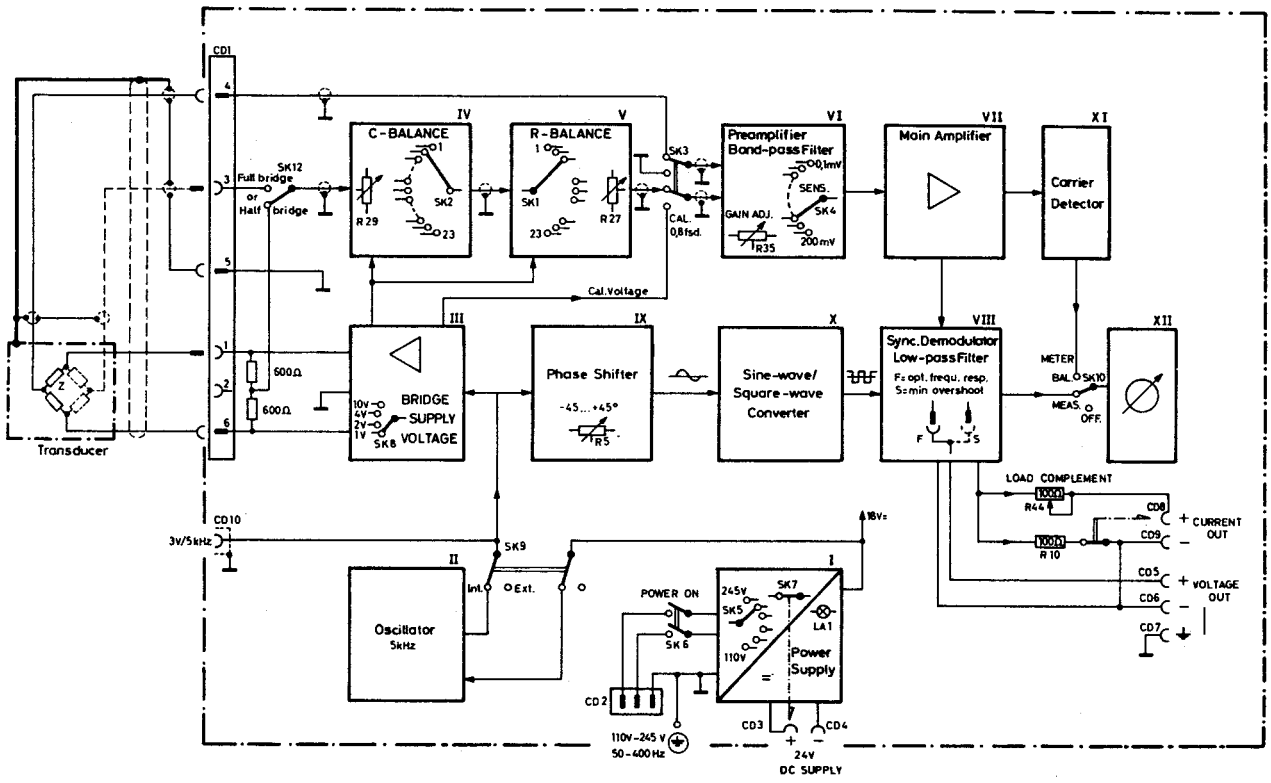


fig. 1 Block diagram
Blockschaltbild
Schéma synoptique

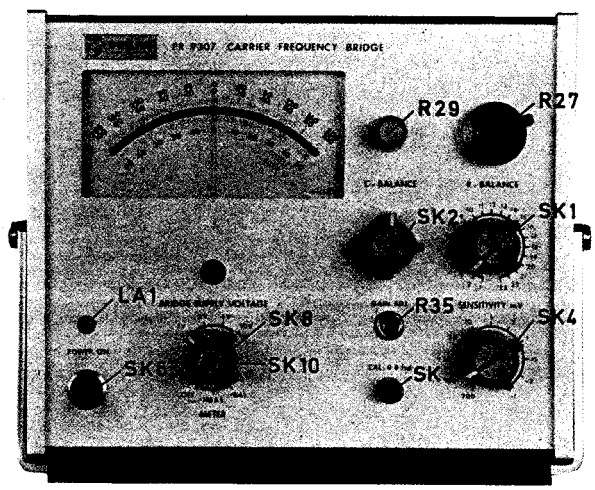


fig. 2 Front view with indication of controls
Frontansicht mit gekennzeichneten Bedienungselementen
Vue avant organes de commande marqués

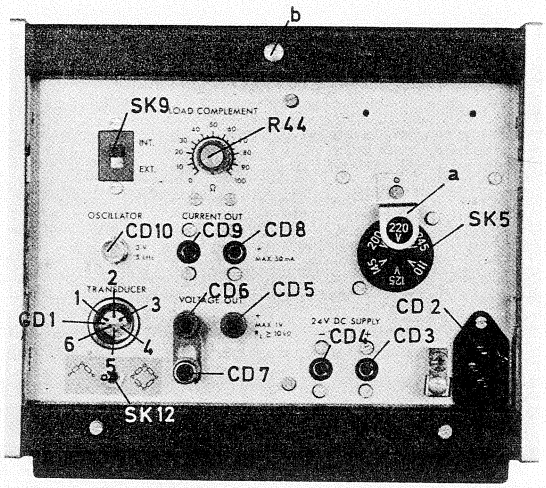


fig. 3 Rear view with indication of controls, terminals and sockets
Rückansicht mit gekennzeichneten Bedienungselementen und Anschlüssen
Vue arrière avec organes de commande marqués et raccordements

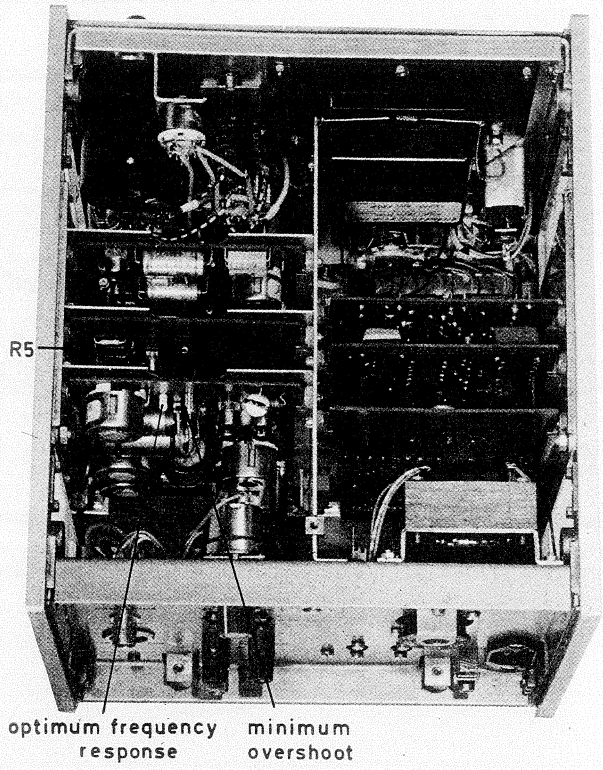


fig. 4 Top view (cover removed)
Draufsicht (Deckblech entfernt)
Vue de dessus (couvercle enlevé)

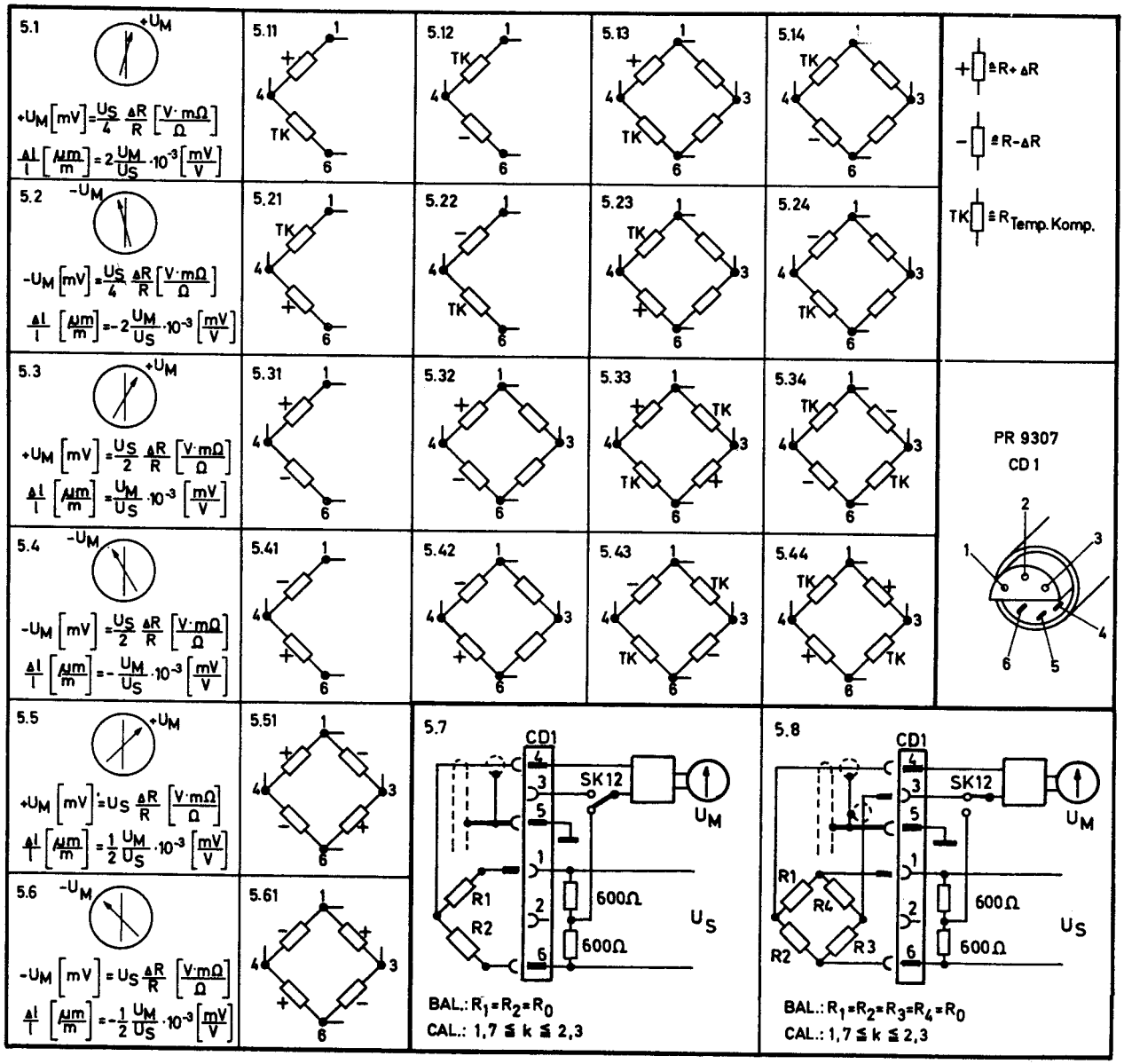


fig. 5 Bridge arrangements with strain gauges; connection diagrams and indication of the built-in measuring instrument (k = 1.7 - 2.3)

Brückenschaltungen mit Dehnungsmessstreifen; Anschlussschemen und Abhängigkeit der Anzeige des eingebauten Instruments (k = 1,7 - 2,3)

Montages en pont avec jauges de contrainte; Schémas de connexion et dépendance de l'indication de l'instrument incorporé (k = 1,7 - 2,3)

PR 9307

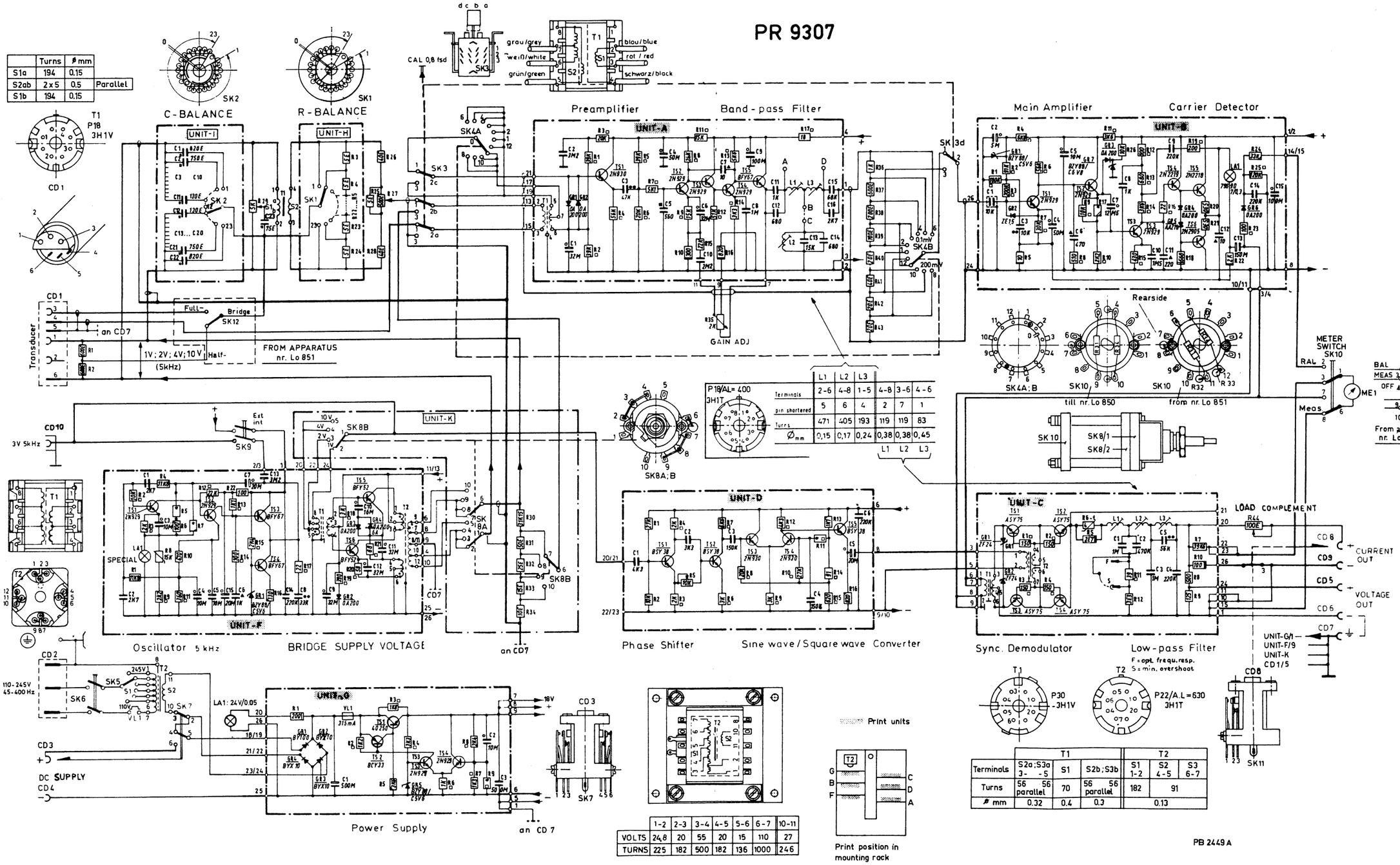


fig. 14 Wiring diagram
Schaltbild
Schéma de montage

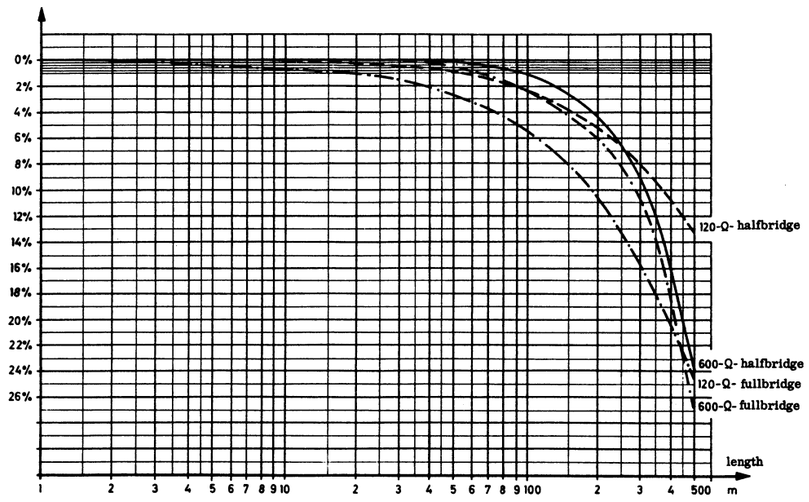


fig. 9 Sensitivity loss in the case of long transducer cable PT 2233
Empfindlichkeitsverlust bei langem Aufnehmerkabel PT 2233
Perte de sensibilité du long câble de capteur PT 2233

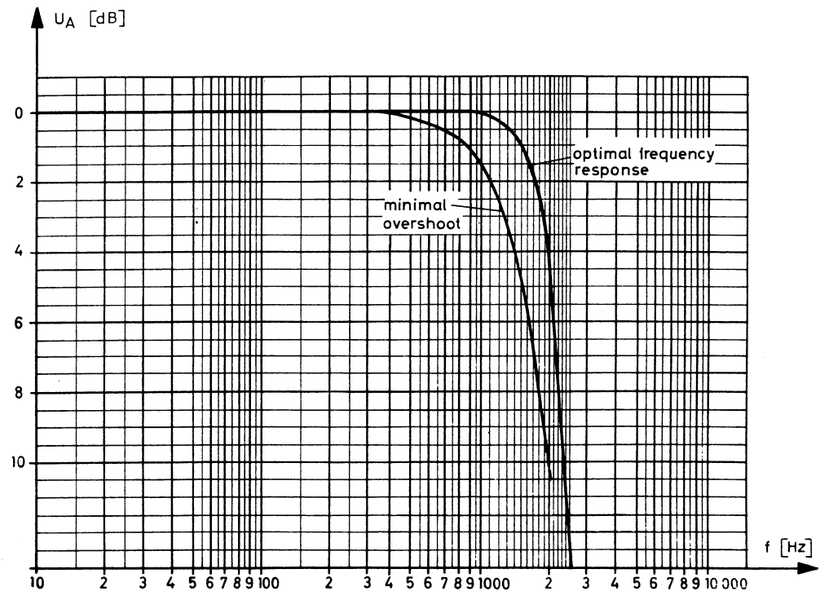


fig. 10 Frequency response of the measuring bridge
Frequenzverhalten der Messbrücke
Courbe de réponse du pont de mesure

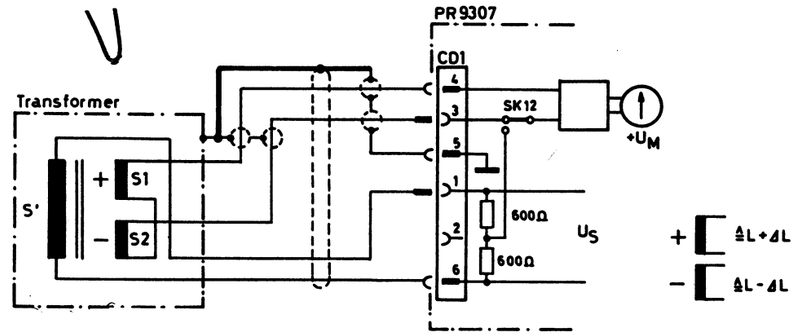
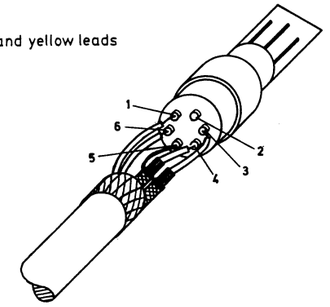
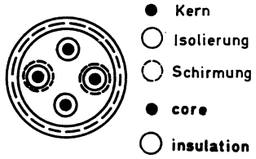


fig. 6 Connection diagram for differential transformer
Anschlussschema für Differentialtransformator
Schéma de connexion du transformateur différentiel

1 = green
3 = yellow
4 = red
5 = screen for red and yellow leads
6 = blue





● Kern
○ Isolierung
○ Schirmung
● core
○ insulation
◌ screening

1 = grün
3 = gelb
4 = rot
5 = Innensch.von rot u.gelb
6 = blau

fig. 7 Transducer cable PT 2233
Aufbau des Aufnehmerkabels PT 2233
Structure du câble de capteur PT 2233

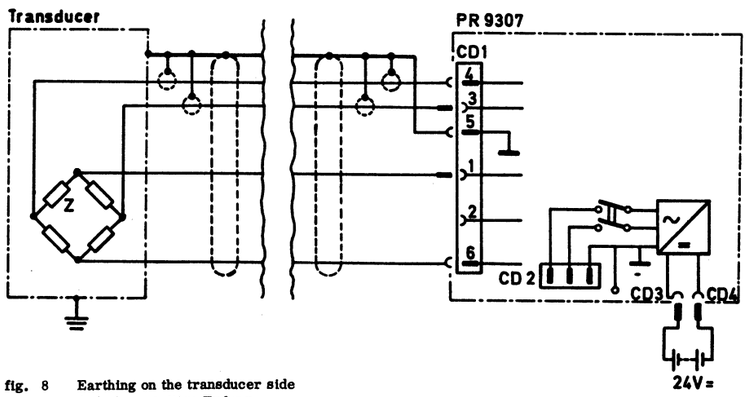


fig. 8 Earthing on the transducer side
Aufnehmerseitige Erdung
Mise à la masse du côté capteur

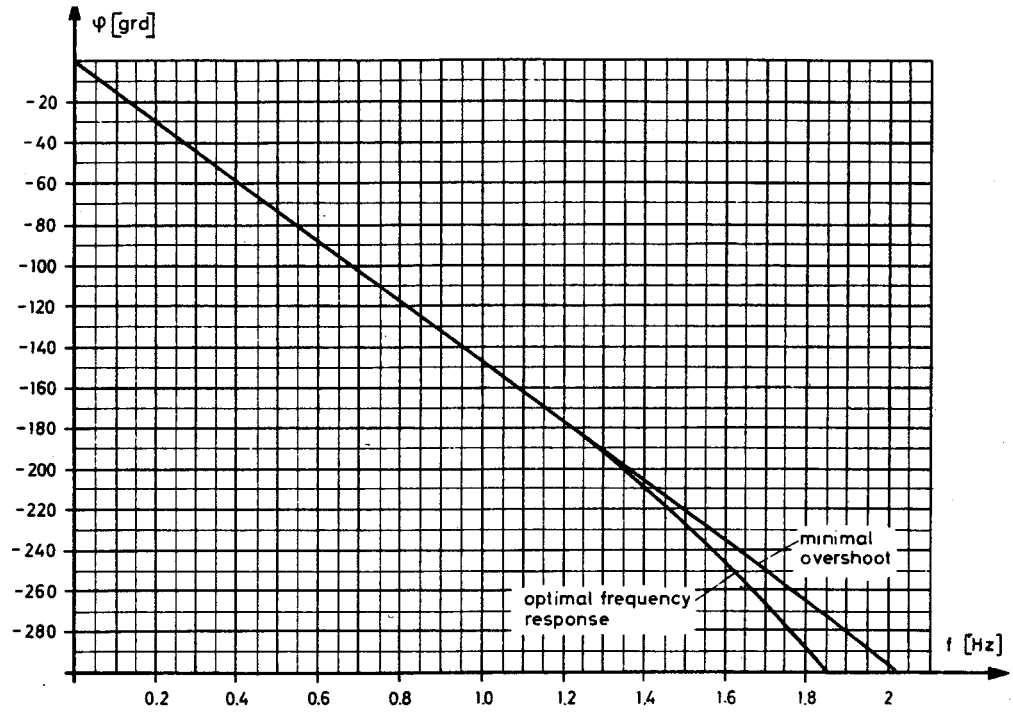


fig. 11 Phase response of the measuring bridge
Phasengang der Messbrücke
Réglage de phase du pont de mesure

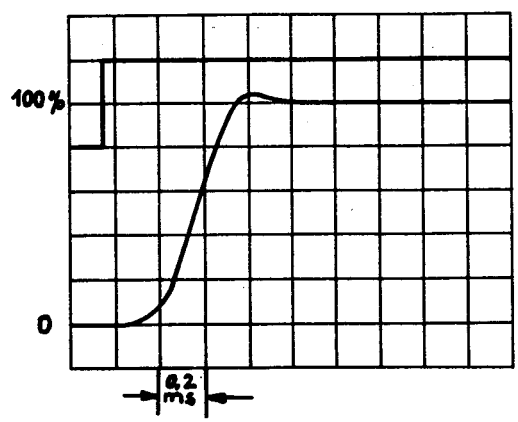


fig. 12 Transient response in position "minimum overshoot"
Sprungverhalten in Stellung "Minimales Überschwingen"
Allure du saut en position "dépassement minimal"

U_s	U_m	1 active bridge element		2 active bridge elements		4 active bridge elements	
		$\frac{\Delta R}{R}$ or $\frac{\Delta Z}{Z}$	$\frac{\Delta l}{l}$ in $\frac{\mu m}{m}$	$\frac{\Delta R}{R}$ or $\frac{\Delta Z}{Z}$	$\frac{\Delta l}{l}$ in $\frac{\mu m}{m}$	$\frac{\Delta R}{R}$ or $\frac{\Delta Z}{Z}$	$\frac{\Delta l}{l}$ in $\frac{\mu m}{m}$
1V	0,1 mV	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50
	0,2 mV	$8 \cdot 10^{-4}$	400	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100
	0,5 mV	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250
	1 mV	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500
	2 mV	$8 \cdot 10^{-3}$	4000	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000
	5 mV	$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500
	10 mV	$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000
	20 mV	$8 \cdot 10^{-2}$		$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000
	50 mV	$2 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$	
	100 mV	$4 \cdot 10^{-1}$		$2 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-1}$	
	200 mV	$8 \cdot 10^{-1}$		$4 \cdot 10^{-1}$		$2 \cdot 10^{-1}$	
2V	0,1 mV	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50	$5 \cdot 10^{-5}$	25
	0,2 mV	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50
	0,5 mV	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250	$2,5 \cdot 10^{-4}$	125
	1 mV	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250
	2 mV	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500
	5 mV	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1250
	10 mV	$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500
	20 mV	$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000
	50 mV	$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$		$2,5 \cdot 10^{-2}$	
	100 mV	$2 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$	
	200 mV	$4 \cdot 10^{-1}$		$2 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-1}$	
4V	0,1 mV	$1 \cdot 10^{-4}$	50	$5 \cdot 10^{-5}$	25	$2,5 \cdot 10^{-5}$	12,5
	0,2 mV	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50	$5 \cdot 10^{-5}$	25
	0,5 mV	$5 \cdot 10^{-4}$	250	$2,5 \cdot 10^{-4}$	125	$1,25 \cdot 10^{-4}$	62,5
	1 mV	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250	$2,5 \cdot 10^{-4}$	125
	2 mV	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250
	5 mV	$5 \cdot 10^{-3}$	2500	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1250	$1,25 \cdot 10^{-3}$	625
	10 mV	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1250
	20 mV	$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500
	50 mV	$5 \cdot 10^{-2}$		$2,5 \cdot 10^{-2}$		$1,25 \cdot 10^{-2}$	6250
	100 mV	$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$		$2,5 \cdot 10^{-2}$	
	200 mV	$2 \cdot 10^{-1}$		$1 \cdot 10^{-1}$		$5 \cdot 10^{-2}$	
10V	0,1 mV	$4 \cdot 10^{-5}$	20	$2 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-5}$	5
	0,2 mV	$8 \cdot 10^{-5}$	40	$4 \cdot 10^{-5}$	20	$2 \cdot 10^{-5}$	10
	0,5 mV	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50	$5 \cdot 10^{-5}$	25
	1 mV	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100	$1 \cdot 10^{-4}$	50
	2 mV	$8 \cdot 10^{-4}$	400	$4 \cdot 10^{-4}$	200	$2 \cdot 10^{-4}$	100
	5 mV	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500	$5 \cdot 10^{-4}$	250
	10 mV	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000	$1 \cdot 10^{-3}$	500
	20 mV	$8 \cdot 10^{-3}$	4000	$4 \cdot 10^{-3}$	2000	$2 \cdot 10^{-3}$	1000
	50 mV	$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000	$5 \cdot 10^{-3}$	2500
	100 mV	$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000	$1 \cdot 10^{-2}$	5000
	200 mV	$8 \cdot 10^{-2}$		$4 \cdot 10^{-2}$		$2 \cdot 10^{-2}$	10000

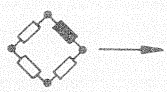
fig. 13 Measuring ranges in the case of calibration to 0.8 times full load calibration to the k-factor of the strain gauges

Messbereiche bei Kalibrierung auf 0,8fache Vollaussteurerung bzw. bei Kalibrierung auf k-Faktor der Dehnungsmessstreifen

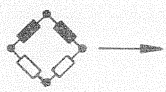
Gamme de mesure pour l'étalonnage sur 0.8 fois la pleine excitation par exemple pour l'étalonnage selon le facteur-k de la jauge contrainte

MEASURING RANGE FACTORS FOR PR 9307

SENSITIVITY \ BRIDGE SUPPLY VOLTAGE	1 V	2 V	4 V	10 V
mV	RANGE FACTORS			
.1	.2	.1	.05	.02
.2	.4	.2	.1	.04
.5	1	.5	.25	.1
1	2	1	.5	.2
2	4	2	1	.4
5	10	5	2.5	1
10	20	10	5	2
20	40	20	10	4
50	100	50	25	10
100	200	100	50	20
200	400	200	100	40



FULL SCALE = RANGE FACTOR $\times 10^3 \frac{\mu m}{m}$



FULL SCALE = RANGE FACTOR $\times \frac{10^3}{2} \frac{\mu m}{m}$

FULL SCALE = RANGE FACTOR $\times \frac{10^3}{4} \frac{\mu m}{m}$

OPTIMAL RANGE = $5 \frac{\mu m}{m} \triangleq \frac{0,02 \times 10^3}{4} \frac{\mu m}{m}$

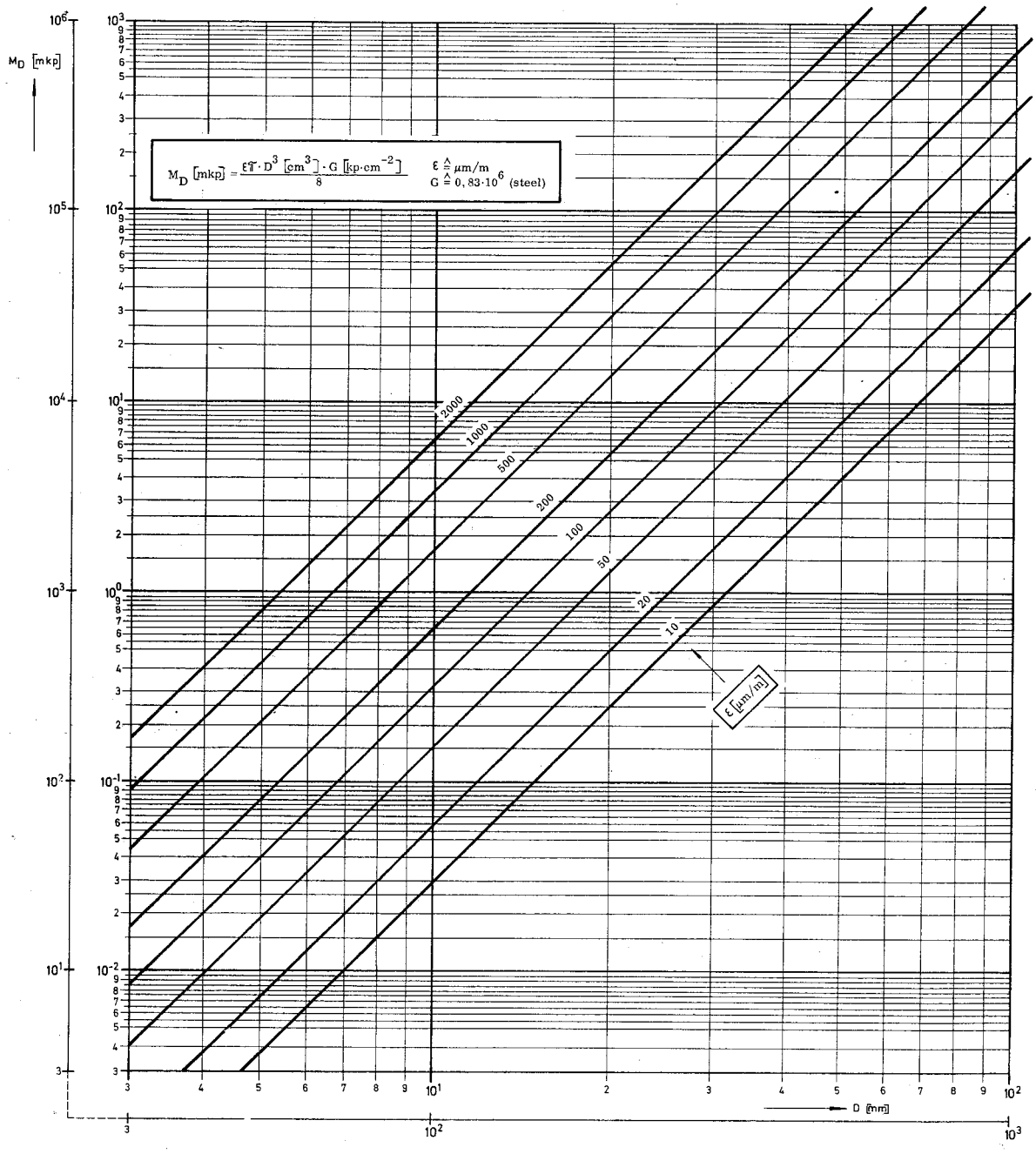
SENSITIVITY $_{max.}$ = 0,1 mV

SUPPLY VOLTAGE max. = 10 V

PR 9307

ATTENTION! Table 1 correspond to fig. 13

Annex 2 Range factors
Messbereichfaktoren
Facteurs de gamme de mesure



Annex 3 Torque dependent on the strain
Drehmoment in Abhängigkeit von der Dehnung
Compte en rapport avec l'élorgation